الجمهورية العربية السورية

وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي

الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية







استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة

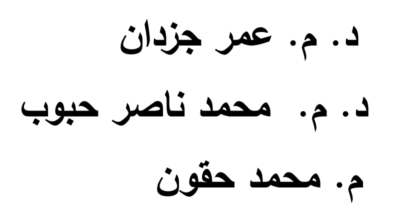




د. م. محمد منهل الزعبي

د. م. أحمد مجر

ك. هالا درويش



د. م. عمر جزدان

د. م. محمد ناصر حبوب

م. محمد حقون





مراجعة

د. م. حسين الزعبي









تقديم

أدى التطور الذي شهدته معظم دول العالم، إضافة لزيادة عدد السكان وارتفاع مستوى المعيشة إلى ارتفاع ملحوظ في الطلب على المياه حيث بات النقص في موارد المياه العذبة مشكلة تشغل بال المختصين و صناع القرار كونها تؤثر على العجز المائي و لاسيما في توفير مياه الشرب (أساس الحياة) إضافة الى متطلبات أخرى كالزراعة و الصناعة و الإنتاج مما دعا الى البحث عن حلول أخرى ممكنة و متيسرة. ورغم أن بعض الدول لاتعاني من هذه المشكلة بسبب تنوع مصادر المياه التقليدية فيها ووجود هذه المياه بكميات تفي بالطلب إلا أن توزيع المياه الصالحة للاستعمال على سطح الكرة الأرضية ليس متساوياً. الأمر الذي أدى إلى التفكير في تنويع مصادر المياه واستغلال أكبر كمية ممكنة منها بشتى الطرق لتلافي الفجوة ما بين الكميات المتوفرة من المياه والطلب الفعلي عليها. وتعد إعادة استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة من طرق استغلال المياه التي تلاقي قبولاً ملحوظاً في الاونة الاخيرة.

ويساهم استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة أو أي استعمالات أخرى إلى توفير في المياه العذبة والتوسع في المساحات الزراعية لانتاج محاصيل متنوعة وبسعر أقل كما يؤدي أيضا إلى التقليل من التكاليف المتعلقة بإنتاج واستيراد واستعمال الأسمدة بسبب وجود العناصر الضرورية للنبات في تلك المياه والتقليل من تكاليف الحصول على المياه في الزراعة خاصة إذا كانت مصادر تلك المياه جوفية. وبسبب وجود أنواع مختلفة من الفيروسات والبكتيريا وغيرها في مياه الصرف الصحي إضافة إلى تراكيز عالية من المواد الكيميائية و العضوية التي لا تتم إزالتها في مراحل المعالجة المختلفة الأمر الذي قد يؤدي إلى تلوث المياه الجوفية و المحاصيل الزراعية و بالتالي يؤثر سلباً على صحة الإنسان.

تشمل معالجة مياه الصرف الصحي مجموعة من العمليات الطبيعية والكيميائية والاحيائية التي يتم فيها إزالة المواد الصلبة والعضوية والكائنات الدقيقة أوتقليلها إلى درجة مقبولة، وقد يشمل ذلك إزالة بعض العناصر الغذائية ذات التركيزات العالية مثل الفوسفور والنيتروجين في تلك المياه ويمكن تقسيم تلك العمليات حسب درجة المعالجة إلى عمليات تمهيدية وأولية وثانوية ومتقدمة، وتأتي عملية التطهير للقضاء على الأحياء الدقيقة في نهاية مراحل المعالجة.

المدير العام للهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية

الدكتور حسين إبراهيم الزعبي

2014/8/17

استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة في المجال الزراعي

المحتويات Contents

الفصل الرابع

الحمأة الناتجة عن معالجة مياه الصرف الصحي

بسم الله الرحمن الرحيم

مقـــــدمة Introduction:

يُعدّ الماء أهم مقومات الحياة على كوكب الأرض، وأحد أهم عوامل استمرارها على ظاهرها وفي باطنها، كما يلعب دوراً متقدماً في تكوين الترب وتطورها، ويحدد سوية مختلف أشكال النشاط البيوجيوكيميائي فيها، ولأن الأحياء كافة جُعلت من الماء وبنسبة كبيرة تتراوح بين 70 و97 % وزناً. فقد اكتسب الماء أهمية عظيمة، جعلت منه أول العوامل المحددة للإنتاج الزراعي. لقد كان لتوافر المياه العذبة في أرجاء الأرض كافة الدور الحاسم في نشوء العديد من الحضارات وازدهارها قرب مصادر المياه، كما كان أيضاً سبباً رئيساً في اندثار العديد منها نتيجة شُحِّ هذه المصادر المائية وانحسارها.

أضحت الإدارة المتكاملة والرشيدة للموارد المائية المتاحة في المناطق الجافة وشبه الجافة ضرورة ملحة وغدت أولى تحديات العصر للجميع من أصحاب قرار وفنيين وعاملين في قطاع المياه والزراعة، خاصة في البلدان التي تتميز بمحدودية مواردها المائية المتجددة العذبة.

ففي سورية يقع معظم الأراضي الصالحة للزراعة ضمن المنطقتين الجافة وشبه الجافة (Semi-aridArid &)، الأمر الذي يستدعي بالضرورة تقليص العجز المتصاعد بين الموارد المائية المتاحة، والاحتياجات المتزايدة للقطاع الزراعي من مياه الري، وصولاً إلى تحقيق التوازن المائي المنشود وبلوغ مرحلة الأمن المائي الذي يعد الأساس المتين للتنمية الزراعية المستدامة.

ونظراً لما تقدم فإن التخطيط السليم المبني على أسس علمية وبناء استراتيجيات جديدة في تنمية الموارد المائية الوطنية واستعمالاتها بكفاءة أفضل يغدو السبيل الوحيد لسد العجز المائي القائم، اعتماداً على الربط المتكامل بين الموارد المائية الوطنية المتاحة عبر مخطط مائي مدروس.

انطلاقاً من ذلك ونظراً لمحدودية الموارد المائية في الجمهورية العربية السورية، وما يترتب على ذلك من عجز تراكمي متزايد في الموارد المائية المتاحة للأغراض الزراعية، كان لابدَّ من البحث عن مصادر مائية رديفة تدعم الموازنة المائية الحالية وتهدف لوضع استراتيجية هامة لتوفير الماء العذب للشرب وتحسين نوعية المياه السطحية عبر إعادة استعمال مياه الصرف الصحي (المياه العادمة) Wastewater بعد معالجتها في مجال الري الزراعي وإدخال هذا النوع من المياه غير التقليدية كمورد مائي إضافي متجدد ضمن الموازنة المائية الوطنية (أشلق وحديد، 1996؛ JICA ، 2001؛ جزدان، 2002) في سقاية بعض المحاصيل كري مقيد حيث تتجاوز مساحة الأراضي الزراعية التي تستخدم بها هذه النوعية من المياه 37000 هكتار في مختلف المحافظات والتي تشكل نسبة 2.6% من كامل المساحة المروية.

الفصل الأول

الموارد المائية في سورية

تُقسم الموارد المائية في سورية إلى موارد مائية تقليدية وموارد مائية غير تقليدية:

1.1. الموارد المائية التقليدية Conventional Water Resources: (داخلية ومشتركة) فالموارد المائية الداخلية تقسم إلى مياه سطحية ومياه جوفية، المشتركة فهي المياه الدولية. تتكون المياه السطحية في سورية من الأنهار والبحيرات فهناك 16 نهر و رافد في سورية وخمس بحيرات أكبرها بحيرة الجبول قرب مدينة حلب لكن البحيرة الأبرز هي بحيرة الأسد على نهر الفرات، ومن الأنهار هناك ستة أنهار دولية (مشتركة) رئيسة هي:

- نهر الفرات القادم من تركيا والواصل إلى العراق يجري ضمن الأراضي السورية بطول 680 كم.
- نهر عفرين في الجزء الشمالي الغربي من سورية القادم من تركيا إلى سورية والعائد إلى منطقة الاسكندرون المحاذية للحدود السورية.
- نهر العاصي الذي ينبع من لبنان ويجري عبر الأراضي السورية إلى تركيا.
- نهر اليرموك في الجزء الجنوبي الغربي من سورية، حيث تقع منابعه في سورية والأردن ويشكل الحدود بين هذه البلدين قبل جريانه إلى الأردن.
- نهر الخابور ينبع من تركيا ويصب في نهر الفرات.
- نهر دجلة الذي يشكل الحدود بين سورية وتركيا في الجزء الشمالي الشرقي من سورية.

لدى مناقشة الموارد المائية المتاحة من مختلف المصادر أُعتبرت الواردات المطرية مصدراً لتغذية المياه الجوفية وتشكيل مخزون رطوبة التربة والجريان السطحي، وبناءً على الظروف المناخية السائدة في كل حوض تم حساب متوسط الواردات المائية السنوية كما يلي:

قدر إجمالي الواردات المائية الوسطية بـ 16556.0 مليون م^3/سنة منها 10923.0 مليون م^3/سنة مياه سطحية، و 5633.0 مليون م^3/سنة مياه جوفية.

وقد تم حساب إجمالي الموارد المائية الطبيعية بأخذ نسبة الجريان السطحي وتغذية المياه الجوفية مقابل الهطول عند احتمال 50%، حيث بلغ متوسط الجريان السطحي السنوي بـ 15890.8 مليون م^3/سنة كما يلي: 10635 مليون م^3/سنة مياه سطحية و 5256 مليون م^3/سنة مياه جوفية.

من ناحية ثانية بلغت الموارد المائية النظامية عند احتمال هطول مطري 50% بعد أخذ درجة التنظيم في الأحواض المائية السبعة بالحسبان 14218 مليون م^3/سنة. حيث يبين الجدول (1) الموارد المائية السطحية والجوفية في سورية.

الجدول (1) الموارد المائية (السطحية والجوفية في سورية)

المصادر المائية	الوحدة	الأحواض الهيدرولوجية							الإجمالي م.م^3
		بردى والأعوج	اليرموك	البادية	العاصي	الساحل	دجلة والخابور	الفرات وحلب	
سطحي	م.م^3	19	168	152	1036	1453	735	7073	10635
جوفي	م.م^3	774	249	168	1499	726	1493	346	5256
الإجمالي	م.م^3	793	417	320	2535	2179	2228	7419	15891
درجة التنظيم	%	90	85	60	85	65	95	98	
الموارد المائية المنظمة المتاحة	م.م^3	714	354	192	2155	1416	2117	7271	14218

2.1. الموارد المائية غير التقليدية Unconventional Water Resources: هي الموارد المائية ذات النوعية المتدنية سواء ذات المنشاء الطبيعي أم الناتجة عن النشاط الإنساني لذلك تضم:

- مياه البحر ومياه السبخات والمياه الجوفية المالحة (موارد طبيعية).
- مياه الصرف الزراعي الناتجة عن غسيل الترب المالحة **ومياه الصرف الصحي المدني** والصناعي (موارد ناتجة عن النشاط الإنساني).

ونظراً إلى الضغط المتزايد على الموارد المائية ازداد الاعتماد على الموارد المائية غير التقليدية (مياه الصرف الزراعي ومياه الصرف الصحي ومياه الصرف الصناعي) وارتبطت كميته بمستوى الإدارة والتنظيم وكفاءة وطبيعة البنى التحتية (شبكات النقل والتوزيع و شبكات الصرف الصحي وشبكات المدن وشبكات الصرف الصحي الزراعي).

1.2.1. مياه الصرف الزراعي Drainage Water: هي كميات المياه التي تخرج من منطقة توزع الجذور بعد عمليات الري حيث تقدر بـ 15% من كمية مياه الري المقدمة للنبات التي تُصرف إلى مجاري المياه السطحية أو تذهب لتغذية مخزون المياه الجوفية ويعاد استعمالها جزئياً في الري في بعض المناطق، وتقدر كميات مياه الصرف الزراعي الإجمالية في سورية بحوالي 1.5 مليار م^3.



الشكل (1) قنوات تجميع مياه الصرف الزراعي

2.2.1. مياه الصرف الصحي والصناعي (Wastewater (Domestic and Industrial: تعد مياه الصرف الصحي المصدر الرئيس للمياه غير التقليدية التي يمكن إعادة استعمالها بعد المعالجة لأغراض الري الزراعي والأغراض الأخرى. وقد حددت مساحة الأراضي المقرر ريها في جميع المناطق التي تم إنشاء محطات معالجة مياه الصرف الصحي فيها ويمكن زيادة هذه المساحة في حال استعمال تقنيات الري الحديثة كالري بالرش والتنقيط بدل استعمال الري بالغمر المطبق في الوقت الحاضر.

تشكل مياه الصرف الصحي ما يقدر بحوالي 70 – 75 % من إجمالي المياه المستعملة المخصصة للاستعمالات المنزلية والصناعية، أي ما مقداره حوالي 1.463 مليار م^3.

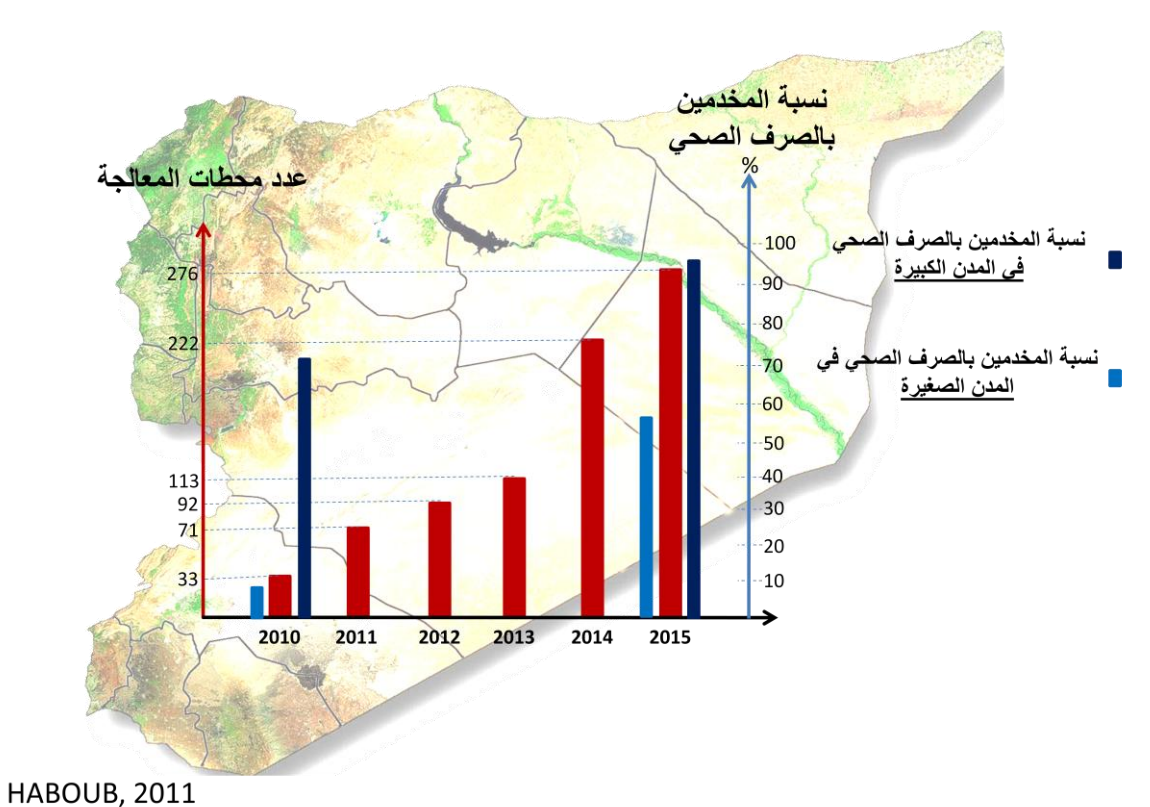


الشكل رقم (2) مياه الصرف الصحي ضمن الأقنية المخصصة لها

الفصل الثاني
مياه الصرف الصحي واقعها وطرائق معالجتها

1.2. واقع مياه الصرف الصحي في سورية:

تطورت خدمات الصرف الصحي في سورية منذ ثمانينات القرن الماضي وبعدما كانت هذه الخدمات مركزة بشكل رئيس في المدن الكبيرة، إلا أن القفزة التي شهدها هذا القطاع في سورية مع بداية القرن الحالي كانت نوعية فقد أعطت الحكومة أولوية خاصة ورصدت الميزانيات اللازمة ووضعت الخطط التوجيهية للنهوض بهذا القطاع بحيث خلال العقدين الأول والثاني من هذا القرن يتم تخديم أكثر من 90 % من المدن الكبيرة بشبكات صرف صحي ومحطات معالجة، أما بالنسبة إلى التجمعات السكنية الصغيرة فستصل نسبة التخديم بالصرف الصحي إلى أكثر من 50 % مع اعتماد الأنظمة اللامركزية. ويبين الشكل التالي الواقع الحالي والمستقبلي للصرف الصحي في سورية.



الشكل رقم (3) الواقع الحالي والمستقبلي للصرف الصحي في سورية

2.2. محطات معالجة مياه الصرف الصحي وطرائق المعالجة:

محطة معالجة مياه الصرف الصحي هي مجموعة المنشآت المدنية التي تقام في موقع معين لغرض إزالة الجزء الأكبر من الملوثات العضوية الموجودة في مياه الصرف الصحي وفصل الشوائب الصلبة بحيث يمكن تصريفها بعدئذٍ دون ضرر بالبيئة والصحة العامة أو إعادة استعمالها مرة أخرى بشكل آمن بعد التخلص من مختلف الملوثات العضوية الموجودة فيها.






الشكل (4) بعض محطات معالجة مياه الصرف الصحي في سورية

3.2. مراحل معالجة مياه الصرف الصحي: تخضع مياه الصرف الصحي بشكل عام إلى مراحل المعالجة الرئيسة التالية:

- مرحلة المعالجة التمهيدية (الابتدائية)
- مرحلة المعالجة الأولية (البيولوجية)
- مرحلة المعالجة الثانوية (المتممة)
- مرحلة المعالجة الثلاثية (المتقدمة)
- معالجة الحمأة.

إن أهم المتطلبات العامة لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي الناجمة عن التجمعات الصغيرة تتضمن:

- سهولة صيانة المعدات.
- زمن مكوث طويل وبالتالي استيعاب عملية تذبذب التدفقات طوال اليوم التي تميز التجمعات السكانية الصغيرة وبالتالي تجنب حدوث الصدمات الهيدروليكية.
- يجب أن يكون تشغيل المحطة فعالاً لأجل مجال واسع من الحمولات العضوية والهيدروليكية.
- أن تتطلب الحد الأدنى من الطاقة.
- القدرة على مواجهة الحالات الطارئة (انقطاع التيار الكهربائي مثلاً).
- المحافظة على البيئة المحيطة والإسهام في تحسينها.
- تحقيق مواصفات خاصة للمخرج النهائي المعالج وبأقل كلفة ممكنة.

يمكن تقسيم المعالجة لعدة مستويات كما أن عملية المعالجة نفسها يمكن أن تستعمل أنواع مختلفة من الأحواض بالإضافة إلى تنوع إمكانيات اختيار طرق جريان المياه الملوثة المراد معالجتها ضمن المحطة. وهذا يتبع بشكل عام إلى رأي المهندس المصمم حسب الواقع والمعطيات المتوفرة وبعد حساب الجدوى الاقتصادية. وتبين الجداول التالية مستويات المعالجة وهدف كل منها والتقانات التي يمكن أن تستعمل في كل منها.

الجدول (2) مستويات معالجة مياه الصرف الصحي

مستوى المعالجة (مرحلة المعالجة)	الهدف من المعالجة
ابتدائية (تمهيدية)	إزالة بعض المكونات من مياه الصرف الصحي مثل قطع القماش و الخشب والمواد القابلة للطفو والرمال والشحوم والتي يمكن أن تسبب مشاكل في تشغيل وصيانة المحطة.
أولية (أساسية أو بيولوجية)	إزالة الجزء الأكبر من المواد الصلبة المعلقة الموجودة في مياه الصرف الصحي.
ثانوية (متممة)	إزالة المواد العضوية القابلة للتحلل البيولوجي (بشكليها المنحل والمعلق) وبإزالة المواد الصلبة المعلقة. كما أن التطهير وبشكل نموذجي يكون متضمناً بالمعالجة الثانوية التقليدية.
ثالثية (متقدمة)	إزالة بقايا المواد المعلقة وبقايا المواد الصلبة التي لم تزل بالمعالجة الأولية والثانوية تشمل المعالجة الثالثية أيضاً إزالة المغذيات مثل النتروجين والفوسفور وتتضمن المعالجة الثالثية أيضاً التطهير. تستخدم في المعالجة الثلاثية الفلاتر الرملية والحصوية أو المصافي الميكروية (متناهية الصغر). يمكن إعادة استعمال المعالجة ثالثياً ليس فقط في مجال الري الزراعي وإنما في العديد من المجالات الصناعية.

الجدول (3) التقانات المختلفة المستخدمة في كل مستوى من مستويات المعالجة

مستوى المعالجة (مرحلة المعالجة)	تقانات المعالجة	نوع التقانة
ابتدائية (تمهيدية)	الغربلة (التصفية الخشنة)	فيزيائية
	التصفية	فيزيائية
	السحن	فيزيائية
	مصائد الرمال والزيوت والشحوم	فيزيائية
	الترسيب الأولي	فيزيائية
	التطويف	فيزيائية
أولية (أساسية أو بيولوجية)	المعالجة بالحمأة المنشطة (وهي أنواع عديدة)	بيولوجية
	المرشحات السيلانية (الفلتر الصخري)	بيولوجية
	الأسطوانات البيولوجية الدوارة	بيولوجية
	برك الأكسدة (وهي أنواع عديدة)	بيولوجية
	. . .	. . .
ثانوية (متممة)	ترسيب ثانوي	فيزيائية
	تطهير	كيماوية
	تطويف	فيزيائية
ثالثية (متقدمة)	النترته العضوية Biological-Nitrification	بيولوجية
	نزع النتروجين العضوي Biological-Denitrification	بيولوجية
	الترسيب الكيماوي	كيماوية
	الامتزاز الكربوني Carbon Adsorption	كيماوية
	الترشيح	فيزيائية
	التطويف	فيزيائية

الفصل الثالث

استعمالات مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة واشتراطاتها

1.3. الخصائص الكيميائية والخصوبية لمياه الصرف الصحي المعالجة:

يبين الجدول (4) مجمل الصفات الكيميائية والخصوبية للمياه المعالجة والعادمة غير المعالجة في مدينة دمشق.

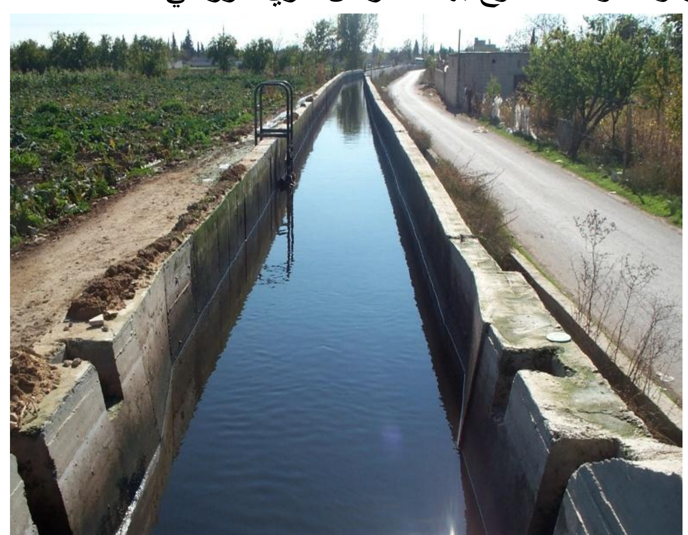
الجدول (4) متوسط قيم الخصائص الكيميائية والخصوبية للمياه المعالجة في محطة عدرا بدمشق

نوع المياه	pH	EC_w	شحنة ميلمول/ل						مغ/ل				
		dS/m	Cl^-	HCO_3^-	SO_4^{--}	Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	NO_3^-	NH_4^+	PO_4^{---}	B	BOD
معالجة	7.40	0.91	3.27	4.96	0.15	1.49	1.28	3.26	2.19	0.40	1.30	8.73	0.63	55
عادمة	7.08	1.07	3.45	6.10	0.17	1.53	1.32	3.95	3.03	0.26	6.41	9.95	0.92	122.5

المرجع: جزدان، 2002

تتميز المياه المعالجة في مدينة دمشق بأنها ذات درجة pH معتدلة تقريباً (7.40) وملوحة خفيفة أقل من (1) dS/m ومحتوى منخفض من كل من النترات (0.40) مغ/ل والأمونيوم (8.73) مغ/ل، كما تعد ذات محتوى منخفض تقريباً من الفوسفات والبوتاسيوم، بينما قيمة الأوكسجين الحيوي المستهلك مرتفعة قليلاً (55) مغ/ل.

واستناداً إلى المواصفة القياسية السورية رقم (2752) لعام 2008 وحسب معطيات الجدول (5) يمكن القول أن المياه المعالجة في دمشق تقع جميع خصائصها الكيميائية والخصوبية ضمن تلك المواصفة والمعايير والحدود المسموح بها لأغراض الري الزراعي.



الشكل (5) قناة المياه المعالجة في غوطة دمشق

الجدول (5) الحدود القصوى المسموح بها بالمياه العادمة المعالجة لأغراض الري حسب المواصفة القياسية السورية (2752) الصادرة عام 2008

المؤشر مغ/ل	الخضار المطبوخة	المتنزهات وجوانب طرق المدينة	الملاعب الرياضية	الأشجار المثمرة	جوانب الطرق الخارجية	المسطحات الخضراء	الحبوب والمحاصيل العلفية	المحاصيل الصناعية	الأشجار الحراجية
TDS	1500			1500				–	
SS	50			150				150	
NO_3	20			25				25	
NH_4	3			5				–	
SO_4	300			500				500	
PO_4	20			20				20	
HCO_3	520			520				520	
Cl	350			350				350	
Na	230			230				230	
Mg	60			60				60	
Ca	400			400				400	

2.3. الخصائص الكيميائية السمية للمياه المعالجة:

يؤدي استعمال المياه العادمة المعالجة وغير المعالجة بشكل عشوائي وغير مرشد إلى آثار بيئية هامة وضارة على كل من التربة والمحاصيل الزراعية والمياه السطحية والجوفية والصحة العامة والبيئة بشكل عام، وقد تكون سامة للإنسان والنبات والحيوان ومنها العناصر المعدنية الثقيلة، والمواد العضوية وغير العضوية وبخاصة عند وجودها بتراكيز عالية تتراكم في التربة ثم تنتقل عبر السلسلة الغذائية إلى النبات والحيوان فالإنسان مسببة أمراضاً خطيرة، كما تؤدي إلى تغيرات هامة في الخصائص الفيزيوكيميائية للتربة.

ويتفاوت هذا التأثير تبعاً لحمولة المياه من الذائبات، والمواد العضوية، والمكونات المختلفة من صناعية وزراعية وعناصر ثقيلة بخاصة، كما سيؤثر ذلك بشكل أو بآخر في طبيعة الحاصلات الزراعية كماً ونوعاً، إذ يغدو الكادميوم ساماً للكائنات الحية في التربة حتى عند وجوده بتركيز يقل عن (1) مغ/كغ، كما يتميز عنصر الزرنيخ السام بقدرته الكبيرة على الحركة في التربة.(Shuval, 1986؛Chang, *et al*,. 1995؛ Balance and Bartram 1996 ؛ الجزائري،1998 ؛ جزدان، 2002؛ Jouzdan *et al* 2007).الأمر الذي يتطلب توخي الحذر الشديد عند استعمال هذه النوعية من المياه في الري الزراعي، وضرورة المتابعة والرصد المستمر للترب وللمياه الجوفية والمحاصيل المروية بمثل هذه المياه.

يوضح الجدول (6) محتوى المياه المعالجة في مدينة دمشق من أهم العناصر المعدنية الثقيلة التي تعد أكثر وجوداً في البيئة وأكثر ضرراً بصحة الإنسان والحيوان ومقارنتها بمحتوى المياه العادمة غير المعالجة، حيث تبين معطيات الجدول أن تراكيز تلك العناصر تقع ضمن الحدود المسموح بها، باستثناء عنصر الكادميوم الذي تجاوز تركيزه قليلاً الحدود المسموح بها مما يدعو إلى صلاحية هذه المياه للري الزراعي مقارنة بالمعطيات القياسية الدولية (Pescod 1991؛EPA 1992؛ Rao, *et al.*, 2002) فضلاً عن المواصفة القياسية السورية رقم 2752 لعام 2008 (جدول 7).

الجدول (6) متوسط تركيز بعض العناصر الثقيلة في المياه المعالجة والعادمة غير المعالجة

نوع المياه	العنصر (مغ/ل)			
	As	Cd	Cr	Pb
معالجة	0.018	0.014	0.03	2.7
عادمة	0.031	0.015	0.04	4.9
الحدود المسموح بها مغ/ل	0.10	0.01	0.10	5.00

جزدان، 2002

الجدول (7) الحدود القصوى من بعض العناصر المعدنية الثقيلة المسموح بها في المياه المعالجة حسب المواصفة القياسية السورية (2752) الصادرة عام 2008

العنصر مغ/ل	الاستعمال طويل الأجل (بشكل دائم)	الاستعمال قصير الأمد (حتى 20 سنة كحد أقصى)
Al	5	20
As	0.1	2
B	0.75	2
Cd	0.01	0.05
Cr	0.1	1
Co	0.05	5
Cu	0.2	5
F	1	15
Mo	0.01	0.5
Ni	0.2	2

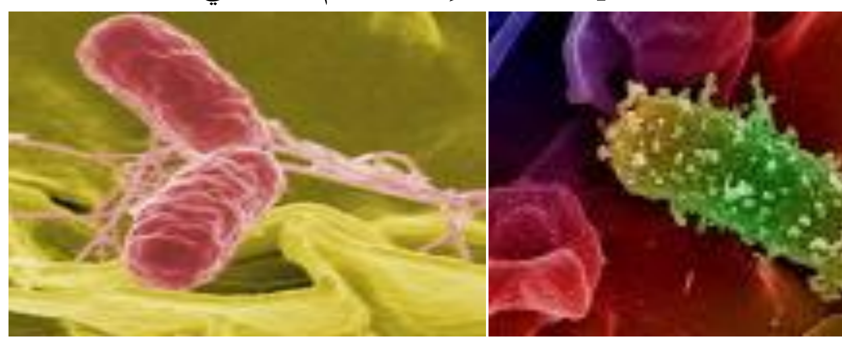
3.3. الخصائص الحيوية لمياه الصرف الصحي:

إن معالجة مياه الصرف الصحي تقلل إلى حد كبير من الحمولة الممرضة للطفيليات ويعتمد ذلك على طريقة المعالجة سواء الفيزيائية أو الكيميائية أو الحيوية. تحتوي **مياه الصرف الصحي** على

أعداد وأنواع كبيرة من الطفيليات الممرضة والتي تتضمن البكتريا والفيروسات والأوليات والديدان (FAO, 1992)، وقد بين Metcalf and Eddy (1995) أن هذه الطفيليات تنتقل إلى مياه الصرف عن طريق الإنسان المريض أو الذي يحمل المرض، كما أوضح Scott *et al* (2000) أن ماء الصرف الصحي يمكن أن يحتوي على طيف واسع من الطفيليات التي لها تأثير سلبي على صحة الإنسان والبيئة. وفيما يلي أنواع الطفيليات الموجودة في مياه الصرف الصحي:

1.3.3. البكتريا Bacteria: البكتريا هي أكثر الطفيليات وجوداً في ماء الصرف الصحي والماء المعالج عنه (Toze 1999) ولها القدرة الكبيرة على التكاثر والانتشار في البيئة. من هذه البكتريا:

- **الإشرشيا الممرضة *E. Coli*:** معظم كائنات *E. Coli* غير ممرضة للإنسان لكن بعضها ممرض ويسبب الإسهال.
- **السالمونيلا *Salmonella*:** هي كائنات حية دقيقة ممرضة للإنسان، تسبب مرض التفوئيد والإسهال وألم البطن والتقيؤ.
- **الشيغيلا *Shigella*:** تسبب هذه البكتريا مرض الزحار أو الزنطاريا.
- ***Campylobacter spp*:** تسبب هذه البكتريا تعفن الدم والإجهاض والتهاب الأمعاء (Anon, 2000) .
- **البكتيريا العنقودية *Staphaurous*:** تسبب إسهال وآلام شديدة في البطن.



E. Coli ***Salmonella***

2.3.3. الفيروسات Virus: تسبب الفيروسات الموجودة في مياه الصرف الصحي عدد من الأمراض منها التهاب الكبدA وشلل الأطفال والالتهاب المعدي الحاد والإسهال.

3.3.3. الأوليات Protozoan: وهي كائنات طفيلية وحيدة الخلية، يوجد عدة أنواع من الأوليات الممرضة والتي توجد في مياه الصرف والمياه المعالجة .(Gennaccaro *et al.*, 2003) .

- **الأميبا *Entameoba histolytica*:** تسبب مرض الزحار الأميبي تعيش في الأمعاء الغليظة وتقوم بمهاجمة جدار الأمعاء لتتغذى على الأغشية المخاطية وخلايا الدم الحمراء مسببة تقرحات وإسهال وألم في البطن.

- **الجيارديا *Giardia lamblia*:** تعيش في الأمعاء الدقيقة في الإنسان تسبب إسهال والبراز يكون كريه الرائحة مع آلام لدى الأطفال قد تسبب ارتفاع الحرارة والتهاب المفاصل لدى الكبار.

4.3.3. الديدان المعوية وبيوضها Helminth: يوجد عدد كبير من أنواع الديدان وبيوضها في مياه الصرف الصحي والتي يمكن أن تسبب الكثير من الأمراض وهي ديدان طفيلية تخرج مع البراز وتعيش في الماء لمدة محدودة منها:

- **البلهارسيا:** وهي ديدان دموية تعيش في أوردة المضيف تصيب غالباً الأمعاء والجهاز البولي وتنتقل لتصيب الكبد والرئتين والطحال ثم القلب تسبب الصداع وفقد الشهية وإسهال مع دم في البول.
- **الإسكاريس *Ascarias*:** تصيب الأمعاء وتتغذى على الأكل المهضوم، تسبب آلام البطن والإسهال والعصبية والخمول وفقدان الذاكرة وفقر الدم. حتى عدد قليل منها يمكن أن يحرم الطفل من المغذات الهامة مثل البروتين وفيتامين A و C.
- **الدودة الشريطية:** هي ديدان شريطية الشكل قد يصل طولها إلى 30 قدماً، وتنتقل عدواها عن طريق تناول لحم الخنزير أو البقر التي لم يتم طهوه جيداً. تعيش أجناس وأنواع مختلفة من الديدان الشريطية في أمعاء الحيوانات والبشر وهي تتعلق بخطاطيفها أو ممصاتها من بطانة الأمعاء، ويتكون كل منها من عدة قطع وتتفاوت أنواعها في درجة خطورتها. تشمل أعراض الديدان الشريطية الإسهال والألم البطني، ويتم انفصال قطع من الديدان الأكبر حجماً أحياناً مع البراز أو تخرج عن طريق الشرج.



بلهارسيا **اسكاريس** **الدودة الشريطية**

وتبين الجدول (8، 9، 10، 11) الطفيليات الموجودة في مياه الصرف الصحي والأمراض التي قد تسببها (Gerardi and Zimmerman 2005)

الجدول (8) الفيروسات الموجودة في مياه الصرف الصحي

الفيروس	المرض
Adenovirus	مشاكل تنفسية
Coxsackievirus	التهاب بلعوم مع قشعريرة
Enterovirus	مشاكل تنفسية والتهاب أمعاء
Hepatitis	التهاب الكبد
HIV	أيدز (AIDS)
Influenza	أنفلونزا
Norwalk	التهاب أمعاء
Poliovirus	شلل أطفال
Reovirus	مشاكل تنفسية والتهاب أمعاء
Rotavirus	التهاب أمعاء

الجدول (9) البكتريا الممرضة الموجودة في مياه الصرف الصحي

البكتريا	المرض
Bacillus anthracis	الجمرة الخبيثة
Brucella spp	الحمى المتموجة
Campylobacter jejuni	التهاب أمعاء
Clostridium spp	غرغرينا
Enterotoxigenic Escherichia Coli (ETEC)	التهاب أمعاء وإسهال
Leptospira interrogans icterohemorrhagiae	داء اللولبية النحيفة
Mycobacterium tuberculosis	السل
Salmonella enteric paratyphi	التفوئيد
Salmonella spp	التسمم الغذائي
Salmonella typhi	حمى التفوئيد
Shigella spp	الزنطاريا
Vibrio cholera	الكوليرا
Vibrio parahaemolyticus	التهاب أمعاء
Yersinia enterococolitica	التهاب أمعاء

الجدول (10) الأوليات الممرضة الموجودة في مياه الصرف الصحي

الأوليات	المرض
Cryptosporidium parvum	إسهال
Entamoeba Coli	قرحة، إسهال
Entmoeba histolytica	الزنطاريا الأميبية
Giardia lamblia	إسهال وسوء امتصاص

الجدول (11) الديدان الطفيلية الممرضة الموجودة في مياه الصرف الصحي

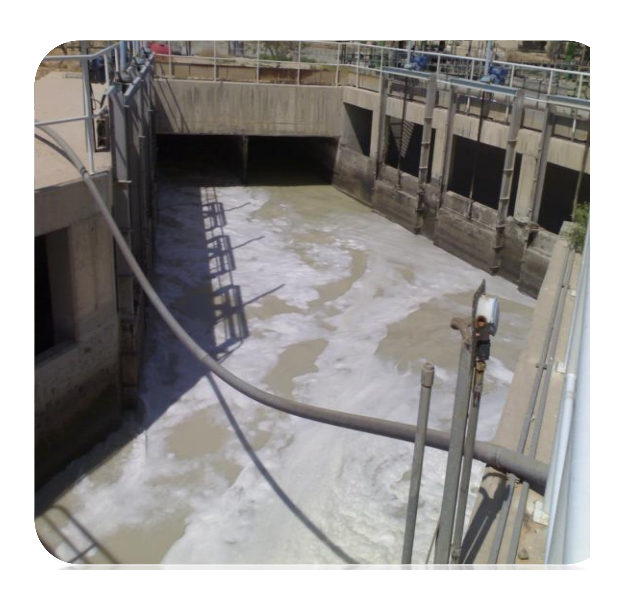
الدودة	المرض
الدودة الشريطية	الإسهال وألم البطن
الأنكلستوما	أنيميا
الاسكاريس	آلام البطن والإسهال والعصبية والخمول وفقدان الذاكرة وفقر الدم
الدودة الشوكية	مرض الأكياس المائية
الدودة الفتاكة	مرض دودة الأنسيلوستوما (أنيميا)
الدودةالاسطوانيه القزمه	بلهارسيا
الدودة السوطية	أنيميا، إسهال

4.3. أهمية ومخاطر العناصر المعدنية الثقيلة في التلوث البيئي:

1.4.3. العناصر المعدنية الثقيلة في مياه الري والتربة والنبات: لعلَّ أكثر المخاطر الصحية والبيئية هي تلك المرتبطة بتلوث التربة والمياه والنباتات بالعناصر المعدنية الثقيلة، وهي تلك العناصر المعدنية التي تتميز بكثافة تزيد عن قيمة محددة 5–6 غ/سم^3، والتي تصل إلى مياه الصرف الصحي من خلال صرف مخلفات الصرف الصناعي في مجرى الصرف الصحي الرئيس، حيث أوضحت دراسات عديدة أن انتقالها من مياه الري الملوثة إلى النباتات يختلف باختلاف النباتات والظروف البيئية والأرضية المحيطة (Chang *et al*., 1995)، ولهذا فقد حرصت معظم دول العالم وبعض الدول العربية على وضع معايير خاصة للحدود القصوى المسموح بها في مياه الري الزراعي، حيث يوضح الجدول رقم (12) الحدود العليا للعناصر الثقيلة في مياه الري على المدى البعيد والقريب، كما يبين أثارها المحتملة في التربة والمياه (National Academy of Engineering – National Academy of Sciences, 1973).

ويزداد الأمر خطورة إذا علمنا أن معظم هذه العناصر الثقيلة يتراكم في منطقة الريزوسفير والانتشار الجذري (0– 40) سم من التربة في ظروف البيئات الجافة، حيث يسبب الري بالمياه العادمة في حالات كثيرة ظهور حالات من السمية النباتية (Phytotoxicity) المرتبطة باستعمال هذه المياه، والتي تتوقف حدتها على تركيز العنصر وحساسية المحصول النامي وزمن تعرضه لهذا التركيز، إذ تتفاوت النباتات في قدرتها على امتصاص العنصر الثقيل وتخزينه في أنسجتها من جهة، وتبعاً لطبيعة التربة من قوام (Texture) ودرجة pH وعمر النبات ومدى الجاهزية الحيوية (Bioavailability) للعنصر السام نفسه (Saqqar, 1991؛ Chang*et al*., 1995؛ Papadopoulos, 1995).





الشكل (6) مخلفات معامل الأصبغة والدهانات والمنظفات





الشكل (7) طرح مخلفات معاصر الزيتون والزيوت الصناعية والفيول والزفت في مجرى مياه الصرف الصحي

وسنتناول بعض العناصر الثقيلة الأكثر مصادفة في المياه العادمة والمعالجة والتي تعد أكثر سمية بصحة الإنسان والحيوان وأهمها:

الزرنيخ As: يعد من بين العناصر الثقيلة الأكثر خطورة وسمية للعديد من الأحياء والنباتات الحساسة له بخاصة، فهو يتركز في النخاع الشوكي والجملة العصبية مسبباً أمراضاً خطيرة، لذلك نجد أن الحد الأعلى للتركيز المسموح به في مياه الري على المدى البعيد هو (0.1) مغ/ل، و(2.0) مغ/ل على المدى القريب (National –National Academy of Sciences, 1973 Academy of Engineering؛ إدارة البيئة الكندية ، 1987؛ Pescod, 1991؛ EPA, 1992)، و يتراوح تركيز الزرنيخ في الترب بين (1.1 و80) مغ/كغ (AFNOR, 1983؛ Adriano, 1986)، بينما يعد الحد المسموح به في النسيج النباتي (0.02 – 10) مغ/كغ، حيث لا يُسمح بتناول النباتات التي يزيد تركيز الزرنيخ في أنسجتها عن الحد المسموح به أو اعتمادها في تغذية الإنسان والحيوان (Chapman, 1961؛ Kalra, 1998).

الكادميوم Cd: ويعد من أخطر المعادن الثقيلة السامة على الإطلاق، إذ تصنفه الدراسات الحديثة كأحد أهم العوامل المسببة للسمية المرتبطة باستهلاك النباتات المروية بالمياه العادمة، وينتج الكادميوم عن صناعات عديدة مثل صناعة الأسمدة الفوسفاتية والمنظفات وعمليات الطلاء الغلفاني والدهانات. يتراوح تركيزه الكلي في الترب بين (0.01 و2) مغ/كغ، ويبلغ تركيزه في مياه الري المستعملة على المدى البعيد (0.01) مغ/ل، و(0.05) مغ/ل في المياه المستعملة على المدى القريب، ويعد تركيزه في أنسجة النبات طبيعياً إذا تراوح بين (0.02 و1.2) مغ/كغ ، أما إذا تجاوز (5) مغ/كغ فيعد ساماً (Psecod, 1991؛ Kalra, 1998)، والمعروف أن امتصاص الكادميوم عن طريق المعدة والأمعاء يكون ضئيلاً إلاّ أن ثمة العديد من العوامل ترفع من درجة امتصاصه كشوارد Fe و Ca والبروتينات (Doull *et al.*,1980).

ويبدو أن سمية الكادميوم تظهر بوضوح في مستوى الجهازين التنفسي والبولي مسبباً استسقاءً يتطور إلى التهاب حاد قد ينتهي بانتفاخ رئوي مزمن، كما يسبب هذا المعدن ارتفاعاً مزمناً في ضغط الدم. وقد أظهرت الدراسات الحديثة أن الكادميوم يؤثر في فعالية الخلايا بيتّا البنكرياسية فيتلفها ويؤدي إلى ارتفاع سكر الدم. وتعد الأغذية البحرية والكبد والكلى من أكثر بؤر تراكم هذا العنصر .أما في النبات فيبدو أن امتصاص الكادميوم من التربة وتخزينه في أنسجته تفوق مثيلتها التي للرصاص (الجزائري، 1998؛ جزدان 2002؛ Jouzdan *et al* 2007).

الكروم Cr: يعد الكروم من أكثر العناصر الثقيلة التي تتراكم في المحاصيل نتيجة لريها بالمياه العادمة، والكروم من المعادن الثقيلة التي تنتج عن العديد من الفعاليات الصناعية التحويلية كصناعة الزجاج والغزل والنسيج والأصبغة والأدوية ومخلفات الدباغة وتصنيع الجلود. يبلغ تركيز الكروم (0.1) مغ/ل في مياه الصرف الصحي المعالجة المستعملة في الري على المدى

البعيد، و(1.0) مغ/ل في المياه المعالجة المستعملة في الري على المدى القريب. أما في أنسجة النبات فيتراوح التركيز الطبيعي للكروم بين (0.5 و2) مغ/كغ ، ويعد ساماً إذا تجاوز(5) مغ/كغ، وفي التربة يتراوح المحتوى الكلي للكروم بين (10 و150) مغ/كغ (Adriano, 1986؛Psecod, 1991؛ Kalra, 1998).

يتراكم الكروم عادة في الأغذية كالسكر الخام، والدهون الحيوانية (والزبدة بخاصة) أما في جسم الإنسان فيتراكم في الجلد والعضلات والنسج الدهنية، كما يتراكم هذا العنصر أيضاً في الجملة العصبية والكبد والطحال والخصية، وتتوقف درجة سميته على درجة تكافئه حيث يكون الشكل الثلاثي التكافؤ أقل سمية من الشكل السداسي التكافؤ.

الرصاص Pb: يعد هذا المعدن من أكثر المعادن الثقيلة مصادفةً في البيئة المدنية والريفية الزراعية على حد سواء، وينتج بكميات كبيرة عن صناعة الأسمدة والمنظفات والدهانات والطلاء الغلفاني وصناعة الكابلات والبلاستيك بالإضافة لمحطات غسيل وتشحيم السيارات ومحطات الوقود التي تنتج كميات كبيرة من هذا المعدن. ويتحرك الرصاص ببطء شديد عبر مقطع التربة، ويتراوح المحتوى الكلي من الرصاص في الترب بين 2 و200 مغ/كغ ، أما في المياه المعالجة المستعملة في الري على المدى البعيد فيقع تركيزه في حدود (5) مغ/ل بينما يبلغ تركيزه في مياه الري المعالجة المستعملة على المدى القريب (10.0) مغ/ل، ويتراوح التركيز الطبيعي للرصاص في النسيج النباتي بين (3 و20) مغ/كغ (Adriano, 1986؛ Psecod, 1991؛ Kalra, 1998).

يصل الرصاص إلى جسم الإنسان عن طريق الامتصاص المعوي والجهاز التنفسي على حد سواء، وينتقل بسرعة عن طريق الدم إلى العظام ليتراكم في نقي العظام، كما يتراكم في الكبد والدماغ، وتظهر أعراض التسمم بهذا العنصر ببطء حيث تبدأ بالمغص والإمساك الشديد، لتنتهي باضطرابات عصبية وشلل الأطراف، وغالباً ما يكون الأطفال أكثر عرضة للإصابة بهذه الأعراض من الكبار لقدرتهم العالية على امتصاص الرصاص بسبب النمو السريع. (الأعوج، 1994 ؛ أرناؤوط، 1993؛ Prost, 1997).

النيكل Ni: من العناصر الثقيلة المهمة التي توجد في الطبيعة بكمياتٍ كبيرة، حيث تعد الصناعات المعدنية المختلفة، وصناعة البطاريات، والصناعات النفطية، إضافةً إلى هدرجة الزيوت من أهم مصادره في البيئة مسبباً أمراضاً جلدية تتمثل بالحساسية والالتهابات والقروح، كما أنه سبب رئيس لبعض الأمراض السرطانية. ويتراوح التركيز الكلي للنيكل في الترب بين 5 و 500 مغ/كغ، كما يبلغ تركيزه المسموح به في مياه الري على المدى البعيد (0.02) مغ/ل، و(0.2) مغ/ل على المدى القريب. ويعد ساماً لعدد من النباتات، ويعد تركيزه في أنسجة النبات طبيعياً إذا تراوح بين (0–4) مغ/كغ، أما إذا زاد عن (5) مغ/كغ فيعد ساماً (Adriano, 1986؛Psecod, 1991؛ Kalra, 1998).

ولعلَّ هذا الموضوع هو من أهم المواضيع التي يجب على الدول والحكومات التي تعاني من الجفاف وشح مواردها المائية الطبيعية أن توليها الاهتمام الأكبر، والتركيز عليها كمصدر أساس ومتجدد للمياه. فمياه الصرف الصحي المعالجة بتقانات حديثة يمكن إعادة استعمالها في ري الأراضي الزراعية وفي الصناعة (تحت شروط و ضوابط معينة) بدلاً من تصريفها دون معالجة إلى المسطحات المائية مما يتسبب في مشاكل بيئية خطيرة تؤدي إلى هدر مصدر مهم من مصادر الثروة المائية.

حيث تشير نتائج الدراسات والأبحاث إلى إمكانية استعمال هذه النوعية من المياه غير التقليدية بدرجات مختلفة في الزراعة، عند تطبيق إدارة سليمة للتربة ومياه الري واختيار المحصول المناسب بما يتناسب مع نوعية المياه المستعملة في الري وخصائص التربة الفيزيائية والكيميائية وذلك باختيار طرائق الري المناسبة، وإضافة الأسمدة الضرورية، وذلك في الوقت المناسب والكمية المناسبة، لا سيما وأن التحاليل الكيميائية المتعددة أثبتت أن مياه الصرف الصحي المعالجة تعد مصدراً جيداً وهاماً لري العديد من المحاصيل والنباتات، وأن استعمالها بكفاءة عالية وإدارة جيدة يسهم في زيادة رقعة الأراضي المروية في المناطق الجافة وشبه الجافة، وبالتالي زيادة الإنتاج الزراعي في المناطق التي تنتشر فيها تلك النوعية من المياه ضمن الظروف البيئية المختلفة، مؤدية إلى زيادة دخل المزارع وتحسين مستوى معيشته والأهم من ذلك كله هو تخفيف العبء عن استعمال المياه العذبة وتوفيرها لأغراض الشرب وللأجيال القادمة.

الجدول (12) الحدود المسموح بها والمحتوى الطبيعي من بعض العناصر المعدنية الثقيلة في مياه الري والتربة والنسيج النباتي

العنصر	مياه الري مغ/ل	التربة مغ/كغ	النسيج النباتي مغ/كغ
الزرنيخ As	0.10	80 – 1.1	10 – 0.02
الكادميوم Cd	0.01	2 – 0.01	1.20 – 0.02
الكروم Cr	0.10	150 – 10	2 – 0.5
النيكل Ni	0.20	500 – 5	4 – 0
الرصاص Pb	5.00	200 – 2	20 – 3

Adriano, 1986؛ Prost, 1996؛ Karla, 1998

2.4.3. الحدود القصوى المسموح بها من المعادن الثقيلة في مياه الري والمحتوى الطبيعي لتركيزها في التربة والنسيج النباتي: تبين الجداول (13، 14، 15) الحدود العليا من بعض العناصر النادرة والثقيلة المسموح بها في مياه الري الزراعي، والمشاكل والأخطار الناتجة عنها في التربة والنبات، وكذلك تراكيز بعض العناصر النادرة والثقيلة المضافة للترب نتيجة ريها بالمياه العادمة والمعالجة مقارنة مع تراكيزها النموذجية في التربة والنباتات.

الجدول (13) الحدود العليا لبعض العناصر النادرة والثقيلة في مياه الري والأخطار الناشئة عنها

[الأكاديمية الأمريكية للعلوم، 1972 ؛ Pratt, 1972؛ National Academy of Sciences, 1973]

العنصر	استعمال قريب المدى مغ/ل	استعمال بعيد المدى مغ/ل	ملاحظات
Al	20.0	5.0	لا تظهر سميته بشكل كبير في الترب الحمضية ولكن تظهر في الترب القلوية
As	2.0	0.1	سام للعديد من النباتات، يكون ساماً بتركيز 12 مغ/ل للفول السوداني إلى أقل من0.5 مغ/ل للرز
Be	0.5	0.1	سام في النباتات بشكل واسع من 5 مغ/ل في الكرمب حتى 0.5 مغ/ل في بذور العليق
Co	5.0	0.05	سام للبندورة بتركيز 0.1 مغ/ل في المحلول المغذي ويكون غير فعال في الترب الطبيعية والقلوية
F	15.0	1.0	غير فعال في الترب الطبيعية والقلوية
Fe	20.0	5.0	غير سام للنباتات في الترب المهواة
Cd	0.05	0.01	سام للفاصولياء والشوندر واللفت بتركيز منخفض مثل 0.1 مغ/ل في المحلول المغذي وتكون التراكيز المسموح بها ضئيلة لأنه يتراكم في النباتات والتربة مما قد يؤذي الإنسان
Cr	1.0	0.1	لا يعتبر كعامل نمو أساسي ويعود انخفاض التركيز المسموح به من هذا المعدن لعدم معرفة درجة سميته على النباتات
Cu	5.0	0.2	سام بالنسبة لعدد من النباتات بتركيز من 0.1 – 1 مغ/ل في المحلول المغذي
Li	2.5	2.5	يمكن تحمله من قبل عدد من المحاصيل حتى 5 مغ/ل وهو متحرك في التربة وسام للحمضيات بتراكيز ضعيفة < 0.075 مغ/ل
Mn	10.0	0.2	سام للعديد من المحاصيل بأجزاء من الـ مغ ولكن عادة في الترب الحامضية فقط
Mo	0.05	0.01	لا يكون سام للنباتات في التراكيز العادية في الترب والمياه ويكون سام في الأغنام التي تناولت علفاً نما في ترب ذات تراكيز عالية منه
Ni	2.0	0.2	سام لعدد من النباتات من 0.5 – 1 مغ/ل وتنخفض سميته في pH القلوي والمعتدل
Pb	10.0	5.0	يعيق نمو خلايا النبات في التراكيز العالية
Se	0.02	0.02	سام للنباتات بالتركيز 0.025 مغ/ل وسام للأغنام التي تناولت علفاً نما في ترب ذات محتوى عال منه وهو عنصر أساسي لنمو النباتات ولكن بتراكيز ضعيفة جداً
Sn	–	–	يستبعد بشكل فعال من قبل النباتات وأما تحمله فهو غير معروف
Ti	–	–	يستبعد بشكل فعال من قبل النباتات وأما تحمله فهو غير معروف
W	–	–	يستبعد بشكل فعال من قبل النباتات وأما تحمله فهو غير معروف
V	1.0	0.1	سام للعديد من النباتات وبتراكيز ضعيفة
Zn	10.0	2.0	سام للعديد من النباتات بتراكيز مختلفة وهو يحدث السمية في pH< 6 وفي الترب ذات البنية الدقيقة أو المحتوى العضوي المرتفع
B	2.0	0.75	سام لأنواع الحمضيات

الجدول (14) المواصفات الكيميائية لمياه الصرف الصحي المستعملة في الري

(القيم الواردة تمثل التراكيز القصوى المسموح بها مغ/ل)

العامل	مواصفات EPA,1992 FAO, 2000	الخضار والفواكه المحتمل أكلها طازجة خلال أسبوعين من الري	الخضار المطبوخة والفواكه إذا لم يتم ريها خلال أسبوعين من حصادها، الأعلاف ، الغلال، الحبوب
B.O.D	–	15	20
C.O.D	–	150	200
الفينولات الكلية	–	0.001	0.002
PO_4	–	30	30
SO_4^{--}	–	400	400
Al	20	5	5
As	2	0.1	0.1
Ba	–	1	2
B	2	0.5	1
Cd	0.05	0.01	0.01
Co	5	0.05	0.05
Cr	1	0.05	0.05
Cu	5	0.5	1
Hg	–	0.001	0.001
Li	0.075	0.07	0.07
Mo	0.05	0.01	0.05
Ni	2	0.1	0.1
Pb	0.075	0.1	0.2
Zn	10	5	5
V	1	0.1	0.1
Se	0.02	0.02	0.02
F	15	1	2
Na	–	200	300
CN	–	0.05	0.1
$N\text{-}NO_3^-$	–	50	50
$N\text{-}NH4^+$	–	5	10
إجمالي الزيت المستخلص	–	0.5	0.5
TDS	2000	1500	2000
pH	–	9–6	9–6

الجدول (15) مقادير بعض العناصر النادرة والثقيلة المضافة للترب نتيجة ريها بالمياه العادمة مقارنة مع تراكيزها النموذجية في التربة والنباتات [Adriano, 1986].

العنصر	التركيز الأقصى الناتج عن مياه الري كغ/هكتار/ سنة	تقدير الزيادة في التركيز في الترب مغ/ كغ/ سنة	التركيز النموذجي للعنصر في الترب (مغ/كغ)		تركيز العنصر في النبات (مغ/كغ)	
			المجال	النموذجي	التركيز في نسج النبات	التركيز النموذجي
Al	60	30	−	−	−	−
As	12−0.6	6−0.3	80−1.1	7.2	−	−
Ba	48	24	−	−	−	−
Be	6−1.2	3−0.6	−	−	−	−
Cd	0.24−0.06	0.12−0.03	2− 0.01	0.35	1.2− 0.05	0.012−0.005
Cr	60−1.2	30−0.6	150−10	40	5−1	0.05 − 0.01
Co	1.2−0.6	0.6−0.3	−	−	−	−
Cu	24−2.4	12−1.2	250−2	40	20−5	0.2 − 0.05
Fe	60−1.2	30−0.6	−	−	−	
Pb	60−1.2	30−0.6	200−2	20	30− 0.1	0.3−0.001
Li	30−0.84	15−0.42	−	−	−	−
Mn	60−2.4	30−1.2	10000−20	1000	1000−0.3	10 – 0.003
Hg	0.12−0.012	0.06− 0.006	0.15−0.02	0.07	300− 0.1	3 − 0.01
Mo	1.2−0	0.6−0	5−0.2	1	5−0.1	0.05 − 0.001
Ni	12−0.24	6−0.21	500−5	40	4−0	0.004 − 0
Se	0.6−0.24	0.3−0.12	10 − < 0.1	0.4	0.5−0.1	0.005 − 0.001
Ag	1.2	0.6	8−0.01	0.05	−	−
V	120−1.2	60−0.6	500−3	90	−	−
Zn	60−12	30−6	900−1	60	200−2	2−0.02

5.3. الاستعمالات النموذجية لمياه الصرف الصحي المعالجة في المجالات الزراعية:

لتحديد الاستعمالات النموذجية الموصى بها لمياه الصرف الصحي المعالجة لا بد في البداية من تقسيم المياه المعالجة إلى عدة شرائح أو أنواع وذلك لتحديد مجالات الاستعمال المناسبة لكل نوع من أنواع المياه المعالجة، حيث سنعتمد تقسيم المياه المعالجة حسب التالي:

- مياه صرف صحي معالجة ثانوياً ولكن بدون تطهير.
- مياه صرف صحي معالجة ثانوياً مع تطهير عادي.
- مياه صرف صحي معالجة ثانوياً مع تطهير فعال.
- مياه صرف صحي معالجة ثالثياً (مطهرة تطهير فعال حكماً).

وفيما يلي نبين مجالات الاستعمال الزراعي لمياه الصرف الصحي المعالجة:

1.5.3. ري المروج الخضراء المخصصة لاستجمام العامة: بما أن مياه الري في هذه الحالة ستكون على تماس مباشر مع الأشخاص لذلك يجب التركيز ليس فقط على خلو المياه من الملوثات العضوية وإنما التركيز أيضاً على الطهارة الفعالة لهذه المياه وعدم احتوائها على نسب كبيرة من العوامل الممرضة وذلك لحماية الصحة العامة للأشخاص، وبالتالي لا بد أن تكون المياه المستعملة معالجة ثالثياً مع تطهير فعال ولا يسمح باستعمال أي نوع آخر من المياه المعالجة. أما بالنسبة إلى طرائق الري الموصى بها في هذه الحالة فيجب تجنب الانتشار الكبير لمياه الري وذلك حفاظاً على الصحة العامة للأشخاص وبالتالي ينصح باعتماد نظام الري تحت السطحي أو الري الموضعي (الري بالتنقيط). (جدول16).

2.5.3. ري المروج الخضراء غير المخصصة لاستجمام العامة: إن مياه الري في هذه الحالة لن تكون على تماس مباشر مع الأشخاص وإنما سيكون وجودها غير مباشر بالنسبة إلى الأشخاص وبالتالي يجب أيضاً التركيز على خلو المياه من الملوثات العضوية والطهارة الفعالة لهذه المياه وعدم احتوائها على نسب كبيرة من العوامل الممرضة وبالتالي ينصح أن تكون المياه المستعملة معالجة ثالثياً مع تطهير فعال ولا يسمح باستعمال أي نوع آخر من المياه المعالجة.

أما بالنسبة إلى طرائق الري الموصى بها في هذه الحالة فيمكن اعتماد نظام الري تحت السطحي أو الري السطحي الموضعي أو غير الموضعي (الري بالتنقيط & الري بالرش).

3.5.3. ري المزروعات غير المخصصة للأكل والتي لا تلامس الناس: إن مياه الري في هذه الحالة لا تكون على تماس مع الأشخاص حيث يمكن التساهل بخصوص درجة المعالجة وكذلك فعالية التطهير وبالتالي يمكن أن تكون المياه معالجة ثالثياً أو ثانوياً مع تطهير عادي أو فعال ولا يسمح باستعمال المياه المعالجة غير المطهرة.

أما بالنسبة إلى طرائق الري الموصى بها في هذه الحالة فيمكن اعتماد نظام الري تحت السطحي أو الري السطحي الموضعي أو غير الموضعي (الري بالتنقيط & الري بالرش).

4.5.3. ري نباتات الزينة التجارية: إن مياه الري في هذه الحالة لا تكون على تماس مع الأشخاص وإنما مع نباتات قريبة من الأشخاص وبالتالي يمكن التساهل قليلاً بخصوص درجة المعالجة وكذلك فعالية التطهير، استناداً لذلك يمكن أن تكون المياه معالجة ثالثياً أو ثانوياً مع تطهير فعال ولا يسمح باستعمال المياه المعالجة غير المطهرة أو إذا كان تطهير المياه غير فعال. أما بالنسبة إلى طرائق الري الموصى بها في هذه الحالة فيمكن اعتماد نظام الري تحت السطحي أو الري السطحي الموضعي (الري بالتنقيط) أو غير الموضعي (بالرش) وذلك في حال كانت المياه معالجة ثالثياً فقط.

5.5.3. ري المحاصيل الغذائية التي لا تؤكل نيئة: إن مياه الري في هذه الحالة ستكون على تماس مباشر مع صحة الأشخاص لذلك يجب التركيز على خلو هذه المياه من الملوثات العضوية وتطهيرها الفعال للتأكد من عدم احتوائها على نسب كبيرة من العوامل الممرضة وذلك لحماية الصحة العامة للأشخاص، وبالتالي لا بد أن تكون المياه المستعملة معالجة ثالثياً مع تطهير فعال ولا يسمح باستعمال أي نوع آخر من المياه المعالجة.

أما بالنسبة إلى طرائق الري الموصى بها في هذه الحالة فيجب تجنب الانتشار الكبير لمياه الري وذلك حفاظاً على الصحة العامة للأشخاص وبالتالي ينصح باعتماد نظام الري تحت السطحي أو الري الموضعي (الري بالتنقيط).

6.5.3. ري المحاصيل الغذائية التي تنمو فوق سطح الأرض ولا تلامس مياه الري: إن مياه الري في هذه الحالة تكون على تماس غير مباشر مع المحاصيل الغذائية القريبة من الأشخاص وبالتالي يمكن التساهل بعض الشيء بخصوص درجة المعالجة وكذلك فعالية التطهير، استناداً لذلك يمكن أن تكون المياه معالجة ثالثياً أو ثانوياً مع تطهير فعال ولا يسمح باستعمال المياه المعالجة غير المطهرة أو إذا كان تطهير المياه غير فعال. أما بالنسبة إلى طرائق الري الموصى بها في هذه الحالة فيمكن اعتماد نظام الري تحت السطحي أو الري السطحي الموضعي (الري بالتنقيط) أو غير الموضعي (بالرش) وذلك في حال كانت المياه معالجة ثالثياً فقط.

7.5.3. ري المراعي: إن تماس مياه الري في هذه الحالة يكون مع الحيوانات وبالتالي يمكن التساهل بخصوص درجة المعالجة وكذلك فعالية التطهير حيث يمكن أن تكون مياه الري معالجة ثالثياً أو ثانوياً مع تطهير عادي أو فعال ولا يسمح باستعمال المياه المعالجة غير المطهرة لأن العوامل الممرضة الموجودة في مياه الري يمكن أن تنتقل عبر الحيوان لتصل إلى الإنسان.

أما بالنسبة إلى طرائق الري الموصى بها في هذه الحالة فيمكن اعتماد نظام الري تحت السطحي أو الري السطحي الموضعي أو غير الموضعي (الري بالتنقيط & الري بالرش).

8.5.3. ري المحاصيل الصناعية: إن تماس مياه الري في هذه الحالة يكون بعيداً عن الأشخاص وتصبح درجة المعالجة وفعالية التطهير من الأمور الثانوية وبالتالي يمكن أن تكون مياه الري معالجة ثالثياً أو ثانوياً مع تطهير أو بدون تطهير أيضاً.

أما بالنسبة إلى طرائق الري الموصى بها في هذه الحالة فيمكن اعتماد مختلف أنظمة الري تحت السطحي أو الري السطحي الموضعي أو غير الموضعي.

9.5.3. ري الأشجار المثمرة: إن تماس مياه الري في هذه الحالة يكون بعيداً عن الثمار والأشخاص وبالتالي فإن خطر انتقال العوامل الممرضة إلى الإنسان يكون قليل جداً، استناداً إلى ذلك يمكن التساهل بدرجة المعالجة وفعالية التطهير وبالتالي يمكن أن تكون مياه الري معالجة ثالثياً أو ثانوياً مع تطهير أو بدون تطهير أيضاً.

أما بالنسبة إلى طرائق الري الموصى بها في هذه الحالة فيمكن اعتماد مختلف أنظمة الري تحت السطحي أو الري السطحي الموضعي أو غير الموضعي مع التركيز على ضرورة عدم ملامسة مياه الري لأي جزء من أجزاء النبات.

10.5.3. ري الأشجار المثمرة المخصصة للتصنيع: إن تماس مياه الري في هذه الحالة يكون بعيداً عن الثمار وبما أن الثمار لن تستهلك طازجة فإن التساهل بدرجة المعالجة وفعالية التطهير ممكنة خاصة أن هذه الثمار ستتعرض خلال مراحل التصنيع لعمليات تكنولوجية تضمن نظافتها وخلوها من أي عوامل ممرضة، وبالتالي يمكن أن تكون مياه الري معالجة ثالثياً أو ثانوياً مع تطهير أو بدون تطهير أيضاً.

أما بالنسبة إلى طرائق الري الموصى بها في هذه الحالة فيمكن اعتماد مختلف أنظمة الري تحت السطحي أو الري السطحي الموضعي أو غير الموضعي مع إمكانية استعمال الرش.

الجدول (16) مجالات الاستعمالات الزراعية للنوعيات المختلفة من مياه الصرف الصحي المعالجة

مجالات الاستعمال	نوعيات المياه المعالجة			
	مياه معالجة ثالثياً	مياه معالجة ثانوياً مع تطهير فعال	مياه معالجة ثانوياً مع تطهير عادي	مياه معالجة ثانوياً بدون تطهير
ري المروج الخضراء المخصصة لاستجمام العامة	مسموح (ري تحت سطحي & تنقيط)	غير مسموح	غير مسموح	غير مسموح
ري المروج الخضراء غير المخصصة لاستجمام العامة	مسموح (ري سطحي & تنقيط & رش)	غير مسموح	غير مسموح	غير مسموح
ري المزروعات غير المخصصة للأكل والتي لا تلامس الناس	مسموح (ري سطحي & تنقيط & رش)	مسموح (ري سطحي & تنقيط & رش)	مسموح (ري سطحي & تنقيط & رش)	غير مسموح
ري نباتات الزينة التجارية	مسموح (ري سطحي & تنقيط & رش)	مسموح (ري سطحي & تنقيط)	غير مسموح	غير مسموح
ري المحاصيل الغذائية التي لا تؤكل نيئة	مسموح (ري سطحي & تنقيط)	غير مسموح	غير مسموح	غير مسموح
ري المحاصيل الغذائية التي تنمو فوق سطح الأرض ولا تلامس مياه الري	مسموح (ري سطحي & تنقيط)	مسموح (ري سطحي & تنقيط)	غير مسموح	غير مسموح
ري المراعي	مسموح (ري سطحي & تنقيط & رش)	مسموح (ري سطحي & تنقيط & رش)	مسموح (ري سطحي & تنقيط & رش)	غير مسموح
ري المحاصيل الصناعية	مسموح (ري سطحي & تنقيط & رش)	مسموح (ري سطحي & تنقيط & رش)	مسموح (ري سطحي & تنقيط & رش)	مسموح (ري سطحي & تنقيط)
ري الأشجار المثمرة	مسموح (ري سطحي & تنقيط & رش)	مسموح (ري سطحي & تنقيط)	مسموح (ري سطحي & تنقيط)	مسموح (ري سطحي & تنقيط)
ري الأشجار المثمرة المخصصة للتصنيع	مسموح (ري سطحي & تنقيط & رش)	مسموح (ري سطحي & تنقيط & رش)	مسموح (ري سطحي & تنقيط & رش)	مسموح (ري سطحي & تنقيط)

6.3. الاستعمالات النموذجية لمياه الصرف الصحي المعالجة في المجالات غير الزراعية:

يمكن استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة في العديد من المجالات غير الزراعية أيضاً حيث يمكن استعمالها في مشاريع الاستجمام المقيد وغير المقيد وهنا من البديهي أن يقتصر ذلك على المياه المعالجة ثالثياً مع التشديد على فعالية وكفاءة التطهير. ويمكن استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة في تربية الأسماك وهنا أيضاً يجب التشديد على فعالية وكفاءة التطهير. كما تستعمل مياه الصرف الصحي المعالجة في غسيل المراحيض للأغراض الصناعية المختلفة وأهمها أبراج التبريد التي تستهلك كميات كبيرة من المياه كما يمكن أن تستعمل مياه الصرف الصحي المعالجة في عمليات إطفاء الحرائق سواء بالطرائق التقليدية أو بالطائرات وأخيراً يمكن استعمالها في أعمال البناء ضمن الخلطات البيتونية كما يوضح الجدول (17).

الجدول (17) مجالات الاستعمالات غير الزراعية للنوعيات المختلفة من المياه المعالجة

مجالات الاستعمال	نوعيات مياه الصرف الصحي المعالجة			
	مياه معالجة ثالثياً	مياه معالجة ثانوياً مع تطهير فعال	مياه معالجة ثانوياً مع تطهير عادي	مياه معالجة ثانوياً بدون تطهير
تجميع المياه المعالجة للاستجمام المقيد وغير المقيد	مسموح	غير مسموح	غير مسموح	غير مسموح
تجميع المياه المعالجة لتربية الأسماك	مسموح	مسموح	غير مسموح	غير مسموح
غسيل المراحيض	مسموح	غير مسموح	غير مسموح	غير مسموح
للأغراض الصناعية (أبراج تبريد)	مسموح	غير مسموح	غير مسموح	غير مسموح
للأغراض الصناعية (عدا أبراج التبريد)	مسموح	مسموح	مسموح	غير مسموح
لإطفاء الحرائق بالطائرات	مسموح	مسموح	مسموح	غير مسموح
لإطفاء الحرائق بالطرائق التقليدية	مسموح	غير مسموح	غير مسموح	غير مسموح
لأعمال البناء (خلط البيتون)	مسموح	مسموح	مسموح	غير مسموح

7.3. طرائق الري بمياه الصرف الصحي المعالجة: عند استعمال المياه المعالجة تُتبع طرائق الري التالية:

- الري السطحي بأنواعه (السطحي التقليدي، بالمساكب وبالخطوط الطويلة).
- طرائق الري المضغوط:
  - الري بالرذاذ (مرشات كبيرة، مرشات صغيرة وبخاخات ايروزول).

- التنقيط: يتميز بأنه أكثر الطرائق اقتصادية في استعمال المياه في حال تم بالشكل الأمثل، يتميز بالكفاءة العالية والملائمة لجميع الظروف وخاصة في حال **استعمال** المياه المالحة ووجود مشاكل قلونة في التربة، كما أنه يتميز بتخفيف التماس بين المياه والنبات والإنسان خاصة في حالة استعمال مياه عادمة في الري.

- الري تحت السطحي قليل الانتشار في سورية لكنه مرشح ليكون أحد الأساليب القابلة للانتشار والتوسع في **الاستعمال** لما لهذه الطريقة من مزايا مثل التخفيف من البخر وانعدام التماس بين الجزء الخضري من النبات والإنسان.
- البابلر: من أفضل طرائق الري الموضعي كما أن البعض يعده أفضل من المرشات الصغيرة والتنقيط خاصة من ناحية مشاكل الانسدادات.

يعتمد اختيار طريقة الري باستعمال مياه صرف صحي معالجة على المعايير التالية:

- نوعية مياه الصرف الصحي المعالجة.
- نوعية المحصول واحتياجاته المائية.
- نوع التربة.
- الخلفية المهنية والمهارات التي يتمتع بها المستخدم وقدرته على استعمال طرائق ري متنوعة.
- إمكانية حدوث ضرر صحي على المستخدم أو الوسط المحيط الاجتماعي أو البيئي.

انطلاقاً مما ورد يمكن تحديد الاشتراطات الواجب توفرها عند اختيار طريقة الري كما هو وارد في الجدول (18):

الجدول (18) تقييم طرائق الري حسب إمكانية استعمالها للري بمياه الصرف الصحي

معاملات التقييم	الري بالخطوط	الري التطويف	الري بالرذاذ	الري بالتنقيط
ترطيب الأوراق والإصابات اللاحقة ونقص الإنتاج	لا يوجد ترطيب للأوراق كون الزراعة على حواف الخطوط	يظهر بعض الضرر على حواف الأوراق ولكن لا يؤدي إلى فقدان الإنتاج	ضرر حاد بالأوراق وضياع كبير بالإنتاج	لا يوجد أي ضرر
تراكم الأملاح في منطقة الجذور	تراكم الأملاح على حواف الخطوط مما قد يضر بالمحصول	يحدث غسيل للأملاح إلى الآفاق السفلى	لا يوجد تراكم للأملاح نتيجة انغسالها	هناك تراكم موضعي بين النقاطات على حدود مساحات الترطيب
ملائمة للاستعمال مع المياه العادمة	متوسطة إلى جيدة مع وجود إدارة وصرف يمكن الحصول على إنتاج مقبول	متوسطة إلى جيدة مع وجود إدارة وصرف يمكن الحصول على إنتاج مقبول	لا تصلح للاستعمال مع المياه العادمة	جيدة الاستعمال

المصدر: دليل المستخدمين للري بمياه الصرف الصحي المعالجة، الفاو، القاهرة، 2003.

الجدول (19) العوامل التي تؤثر على اختيار طريقة الري والقياسات الإضافية عند استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة

طريقة الري	العوامل المؤثرة على الاختيار	القياسات الاضافية بالنسبة لمياه الصرف
الري بالتطويف	سعر منخفض والتسوية غير ضرورية	حماية شاملة للعاملين وأصحاب المحاصيل والزبائن
الري بالخطوط	سعر منخفض والتسوية ممكن أن تكون ضرورية	حماية للعاملين، وإمكانية بالنسبة لأصحاب المحاصيل والزبائن.
الري بالرش	كفاءة استعمال مياه متوسطة والتسوية غير ضرورية	يجب عدم زراعة بعض محاصيل الفئة ب وخاصة الأشجار المثمرة، 50 – 100 م كحد أدنى للمسافة عن الطرق والمنازل، يجب عدم استعمال الفضلات اللاهوائية بسبب الروائح المزعجة
الري تحت السطحي والري الموضعي	سعر مرتفع، كفاءة ري مرتفعة وإنتاج أعلى	تصفية من أجل الحد من الانسدادات

المصدر: دليل المستخدمين للري بمياه الصرف الصحي المعالجة، الفاو، القاهرة، 2003.

8.3. اشتراطات استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة:

1.8.3. اشتراطات استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة للري بشكل عام:

- يجب أن تكون مياه الصرف الصحي المعالجة المراد استعمالها في الري مطابقة للمواصفة القياسية السورية الخاصة بهذه الغاية وهنا ننوه أن المواصفة القياسية السورية قد صنفت المياه المعالجة إلى ثلاث نوعيات وحددت مجال استعمال كل نوع من هذه الأنواع.
- يجب إجراء تحليل للخواص الفيزيائية والكيمائية للتربة بشكل دوري مع إجراء مقارنة تحليلية لهذه القراءات بشكل مستمر. ويجب أن تتم التحاليل بمخابر تتمتع بالاعتمادية الدولية.
- يحظر وصل أنابيب مياه الصرف الصحي المعالجة بأنابيب شبكة الآبار داخل المزارع.
- يحظر فتح نقاط التغذية بالمياه المعالجة للمزارع إلا من قبل أشخاص معتمدين.
- ينبغي تمييز أنابيب مياه الصرف الصحي المعالجة عن غيرها من الأنابيب باستعمال لون مميز أو أشرطة مميزة.
- على المستفيد من مياه الصرف الصحي المعالجة اتخاذ الإجراءات اللازمة لمنع تشكل المستنقعات ومنع تكاثر الذباب والبعوض والحشرات الأخرى.
- يجب أن يتوفر في كل نظام ري يستعمل مياه الصرف الصحي المعالجة لوحات تحذيرية مثبته في أماكن واضحة مكتوب عليها "تحذير: مياه صرف صحي معالجة– للري فقط.

2.8.3. اشتراطات استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة للري غير المقيد: يجب أن تكون المياه العادمة المعالجة المستعملة للري غير المقيد معالجة ثالثياً وأن لا يزيد تركيز الأملاح الذائبة الكلية بالمياه (TDS) عن 2500 مغ/ل. وأن تحقق المعايير المبينة بالجدول (20):

الجدول(20)

مؤشرات التلوث لمياه الصرف الصحي المعالجة ثالثياً		
الخواص		الحدود القصوى المسموح بها
الخواص الطبيعية	المواد الطافية	خالية
	المواد الصلبة العالقة TSS	10 مغ/ل
	pH	8.4 - 6
الخواص الكيميائية	الاحتياج البيولوجي للأكسجين BOD_5	10 مغ/ل
	العكارة	5.00 وحدة عكارة
	الزيوت والشحوم	لا يوجد
	الفينول	0.002 مغ/ل
الخواص الجرثومية	عدد عصيات القولون البرازية	22 [خلية/ليتر]
	عدد بيوض الديدان المعوية	1 [بيضة/ليتر]
خواص المركبات الكيميائية	النترات $NO_3 - N$	10.0 مغ/ل
	الأمونيا $NH_3 - N$	5.0 مغ/ل
الخواص الكيميائية	الألومنيوم Al	5.0 مغ/ل
	الزرنيخ As	0.1 مغ/ل
	البورون B	0.75 مغ/ل
	الكادميوم Cd	0.01 مغ/ل
	الكلورين الحر Cl_2	0.5 (+) مغ/ل
	الكروم Cr	0.1 مغ/ل
	الكوبالت Co	0.05 مغ/ل
	النحاس Cu	0.4 مغ/ل
	الفلوريد F	1 مغ/ل
	الحديد Fe	5.0 مغ/ل
	الرصاص Pb	0.1 مغ/ل
	الليثيوم Li	2.5 مغ/ل
	المنغنيز Mn	0.2 مغ/ل
	الزئبق Hg	0.001 مغ/ل

3.8.3. اشتراطات استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة للري المقيد:

1. يجب أن تحقق المواصفة القياسية السورية رقم 2752 – 2008 الخاصة بمياه الصرف الصحي المعالجة لأغراض الري علماً بأن هذه المواصفة تتضمن تقسيم المياه المعالجة إلى ثلاثة أنواع بحيث يُسمح باستعمال كل نوع منها لري أنواع محددة من المزروعات.
2. يجب أن تكون الحقول المروية بمياه الصرف الصحي المعالجة بعيدة عن آبار المياه وخزانات مياه الشرب بمسافة لا تقل عن 50 متر.
3. إن رغب المستفيد أن يستعمل مياه الصرف الصحي المعالجة في ري أصناف أخرى تتطلب نوعية أعلى من المياه المعالجة فعليه إقامة وحدة معالجة خاصة وتحسين نوعية المياه المعالجة إلى الحدود المطلوبة.
4. إن رغب المستفيد بزراعة حقول خضراوات (التي تتطلب نوعية أعلى من المياه) وريها بمياه آبار فعليه اتخاذ الإجراءات التالية:
   - إيجاد فاصل لا يقل عن 15 متر بين حقول الخضار والحقول المروية بمياه الصرف الصحي المعالجة.
   - الفصل التام بين القنوات التي تنقل مياه الآبار والتي تنقل المياه المعالجة.
5. يحظر استعمال طرائق الري بالرش للمحاصيل الحقلية والأعلاف بمياه الصرف الصحي المعالجة للري المقيد إن كان هناك أشجار مثمرة أو خضار على مسافة أقل من 60 متر من الحقل المروي.
6. عند استعمال طرائق الري بالرش يجب ترك مسافة آمنة لا تقل عن 60 متر في الأماكن التي يرتادها الجمهور مع إيقاف الري عند هبوب الرياح.
7. يجب أن تكون مياه الصرف الصحي المعالجة المستعملة في ري الحدائق العامة والمتنزهات وملاعب الأطفال وغيرها من الأماكن التي يرتادها الجمهور معالجة ثالثياً ومطابقة للمعايير بالجدول أعلاه.
8. عند ري الأحزمة الخضراء وجزر الشوارع والتشجير في الأماكن التي يرتادها الجمهور يجب أن لا تقل معالجة المياه عن المعالجة الثنائية المطابقة للمواصفة القياسية السورية رقم 2752 – 2008 الخاصة بمياه الصرف الصحي المعالجة لأغراض الري.

9.3. مراقبة وتقييم الري بمياه الصرف الصحي المعالجة:

1.9.3. مفهوم المراقبة: هي عملية التأكد من إتمام خطوات المعالجة ومن نوعية المياه ومن تأثيراتها وتتغير إجراءات وتعليمات المراقبة طبقاً لنوعية المياه العادمة والظروف المحلية وتشمل:

- مراقبة التقيد بتنفيذ الإجراءات والتعليمات وهذا يتم من خلال إجراء مسح ورصد.

- مراقبة نوعية المياه العادمة المعالجة من خلال أخذ عينات دورية عند مخرج محطة المعالجة وعند مكان استعمال هذه المياه والري بها، وفي حال وجود تباين معنوي بين القراءتين لا بد من تقصي الأسباب ومعالجتها.
- مراقبة تلوث الإنتاج النباتي ويتم ذلك من خلال تحليل عينات دورية مع التركيز على الرصد الميكروبيولوجي بشكل خاص.

2.9.3. إجراءات مراقبة سلامة الإنسان: تشمل إجراءات مراقبة سلامة الإنسان ما يلي:

- العمال الزراعيون في الحقول وعائلاتهم.
- العاملون في مجالات نقل ومناولة المحاصيل.
- المستهلكون للمحاصيل واللحوم والألبان.
- السكان القريبون من الحقول المروية بمياه صرف صحي معالجة.

3.9.3. إجراءات السلامة عند الري بمياه صرف صحي معالجة: عند الري بمياه صرف صحي معالجة يجب مراعاة الإجراءات التالية:

- ارتداء الملابس الواقية لمنع ملامسة مياه الري والحفاظ على درجة عالية من النظافة وشروط الصحة العامة بما في ذلك الحذاء المناسب في الحقل للحماية ضد التعرض للإصابة بالديدان الشوكية.
- تحصين المجموعات الأكثر تعرضاً ضد الأمراض الوبائية المرتبطة بالتعرض للمياه العادمة مثل التيفوئيد والتهاب الكبد الوبائي (A) وإن كان يُفضل أن يتم ذلك لجميع سكان القطاع وهو ليس بالأمر الصعب.
- تجهيز تسهيلات طبية كافية لمعالجة أمراض الإسهال وخلافه.
- القيام بحملات التوعية وتحذير المستهلكين للتأكد من السلامة العامة وكذلك تحذير العاملين في المجال لتطبيق قواعد الصحة العامة.
- وضع لوحات إرشادية تحذيرية في الحقول المروية بمياه الصرف الصحي المعالجة لكي يتجنب الأهالي خاصةً الأطفال استعمالها أو ملامستها.
- عدم استعمال نظم الري بالرش في حدود تقل عن 50 إلى 100 متر من المنازل أو الطرق لتجنب مخاطر ابتلال المارين بالقرب منها.
- التوعية باستمرار والتأكد من عدم استعمال هذه المياه في الشرب أو الاستحمام أو استعمال المياه المعالجة لأي من الأغراض المنزلية.
- وضع علامات ظاهرة على جميع قنوات وأنابيب شبكة المياه العادمة ويفضل طلائها باللون الأحمر ووضع الشعار الخاص مع استعمال محابس وتوصيلات من الأنواع التي يمكن إغلاقها بإحكام وجيدة التصميم وذلك لتجنب سوء الاستعمال.

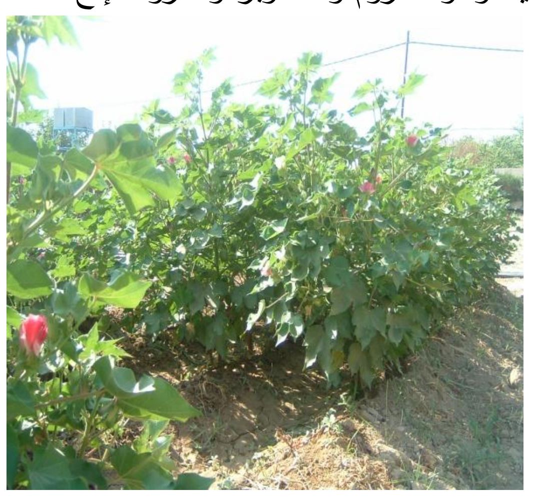
الجدول (21) إرشادات عامة لمراقبة استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة حسب [EPA 1990]

نوعية المياه (درجة المعالجة)	مجال الاستعمال	المؤشرات المطلوب مراقبتها	القيم الحدية لهذه المؤشرات	تواتر المراقبة
مياه معالجة ثالثياً	ري المحاصيل ري المسطحات الخضراء	pH	9 – 6	أسبوعياً
		BOD_5	أقل من 10 مغ/ل	أسبوعياً
		العصيات الكولونية	لا يوجد	يومياً
		الكلور المتبقي	أقل من 1 مغ/ل	يومياً
مياه معالجة ثانوياً		pH	9 – 6	أسبوعياً
		BOD_5	أقل من 30 مغ/ل	أسبوعياً
		TSS	أقل من 30 مغ/ل	أسبوعياً
		العصيات الكولونية	أقل من 2000 في لتر	يومياً
		الكلور المتبقي	أقل من 1 مغ/ل	يومياً
		بيوض الديدان	أقل من 1 في لتر	

10.3. تأثيرات استعمال مياه الصراف الصحي المعالجة:

1.10.3. تأثير استعمال المياه المعالجة في النبات: استعملت المياه المعالجة في سورية لري العديد من المحاصيل الحقلية والصناعية والعلفية إضافة للأشجار الحراجية في الغوطة الشرقية لمدينة دمشق وضواحيها والأراضي الزراعية الواقعة على جانبي مجرى مياه الصرف الصحي في سهول حمص وحماة، إضافة إلى المناطق المروية في السهل الجنوبي لمدينة حلب، حيث جرت زراعة العديد من المحاصيل الحقلية كالقمح والشعير والذرة الصفراء والبيضاء، والمحاصيل الصناعية كالقطن، والعلفية كالبيقية والفصة والبرسيم، إضافة إلى بعض محاصيل الخضار، وبعض الأنواع الحراجية كالطرفة ولسان الطير والكينا واللوغتسروم والصنوبر والسرو...إلخ.





الشكل (8) ري البيقية العلفية والقطن بالمياه المعالجة

وقد أبدت تلك النباتات استجابة عالية للري بمثل هذه المياه التي تحتوي على تراكيز جيدة ومتفاوتة من العناصر السمادية المغذية والضرورية لنمو وإنتاج النبات. وأعطت مردوداً اقتصادياً جيداً وأعلى من مردود تلك المحاصيل المروية بمياه الأنهار أو المياه الجوفية، حيث تراوحت نسبة الزيادة في المردود بين 10 و50% (جزدان، 2002؛ جزدان، 2011؛ جزدان، 2014).





الشكل (9) ري القمح والذرة الصفراء بالمياه المعالجة




الشكل (10) استعمال المياه المعالجة في ري الغراس الحراجية

2.10.3. تأثير استعمال مياه الصراف الصحي المعالجة في التربة: يرتبط تأثير استعمال المياه المعالجة في الري الزراعي في التربة بمجموعة عوامل:

- نوعية المياه العادمة المعالجة المستعملة.
- الكميات المقدمة للري.
- طول فترة الاستعمال في الري.
- قوام التربة (Texture).
- طبيعة الصرف في التربة والنظام المائي لها.

دل الكثير من الدراسات العالمية على أن الاستعمال المديد لمياه الصرف الصحي المعالجة دون إجراء مراقبة دورية لنوعيتها (خاصة في حالة وجود إمكانيات لاختلاط مياه الصرف الصحي مع مياه الصرف الصناعي أو مياه المشافي والمطاعم) يمكن أن تؤدي إلى تغيير في بعض خواص التربة باتجاه تحسين هذه الخواص أو تدهورها. وتتجلى مظاهر تحسين خواص الترب من خلال:

- تحسين الخواص الخصوبية للتربة من خلال زيادة محتواها من العناصر المغذية المختلفة وزيادة محتواها من المادة العضوية.
- تحسين بعض الخواص الفيزيائية والهيدروفيزيائية نتيجة احتواء هذه المياه على المواد العضوية التي تساعد على تحسين النظام المائي والهوائي للتربة وتشكيل الغرويات وتحسين بنية التربة (Structure).
- تحسين النظام الهوائي للتربة (Soil Aeration Regime) من خلال العمل على زيادة المسامات في التربة التي يولدها تشكل الغرويات وتحبب التربة.

إضافة إلى ما سبق فإن استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة يؤدي إلى مجموعة من التأثيرات السلبية خاصة عند عدم الالتزام بالمواصفات القياسية لنوعية هذه المياه، وهي:

- يؤدي الاستعمال الطويل الأمد لمياه الصرف الصحي المعالجة إلى زيادة في تراكيز الأملاح خاصة في الآفاق السطحية من التربة في حال عدم توفر نظام صرف زراعي فعال ومناسب ونظام مائي غاسل يعمل على إزالة الأملاح من التربة.
- زيادة محتوى التربة من العناصر الثقيلة وخاصة عندما تكون مياه الصرف مختلطة المنشأ (صحي وصناعي).
- تلوث التربة بالشحوم والزيوت والفينولات.
- تراكم كميات كبيرة من الميكروبات الممرضة التي تبقى بعد عمليات المعالجة حيث تبرز المواصفات العالمية والمواصفة السورية إمكانية بقاء كميات محددة من الميكروبات (1000 خلية E.Coli/100 مل).

3.10.3. تأثير استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة في المياه الجوفية: يبرز تأثير استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة في المياه الجوفية عند وجود نظام ري غاسل يسمح بانغسال العناصر من آفاق التربة إلى الآفاق السفلية ووصولها إلى المياه الجوفية، ويحدد التأثير من خلال ملاحظة المؤشرات التالية:

- زيادة في تراكيز العناصر الكيميائية المغسولة من آفاق التربة خاصة النترات والأمونيوم تحت أنظمة الري باستعمال مياه الصرف الصحي المعالجة.

- زيادة في تراكيز بعض العناصر الحيوية الممرضة في المياه الجوفية حيث تلاحظ هذه الحالات عند ارتفاع مستويات الماء الأرضي إلى ما دون الحدود الحرجة التي تسمح بحدوث ترابط هيدروليكي بين مياه الري المستعملة والماء الأرضي.

إن تطبيق **أنظمة الري غير الغاسل** (استعمال أنظمة الري الموضعي التنقيط والبابلر) تساعد في الحد من تلوث المياه الجوفية وعدم وصول المواد الملوثة إليها.

4.10.3. تأثير استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة في الصحة العامة:

إن الري بمياه صرف صحي معالجة يسبب بشكل كبير مخاطر صحية عامة جدية، لأن مياه الصرف هي مصدر رئيس لممرضات موجودة في البراز كما ذكر سابقاً مثل الجراثيم والفيروسات والأوليات والديدان التي تسبب أمراضاً مَعِدية معوية لدى البشر. ويسبب استعمال مياه الصرف بشكل غير مناسب مخاطر مباشرة وغير مباشرة للصحة البشرية نتيجة استهلاك المحاصيل والأسماك الملوثة. والمزارعون الذين هم على تماس مباشر مع مياه الصرف والتربة الملوثة معرضون أيضاً للخطر إضافة إلى ما قد يسببه إعادة استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة من أمراض قد تصيب المواشي في حالة الإدارة الخاطئة لعمليات الري.

الفصل الرابع
الحمأة الناتجة عن معالجة مياه الصرف الصحي

1.4. المخلفات الصلبة لمعالجة مياه الصرف الصحي (الحمأة) Sewage Sludge:

تعد الحمأة من أهم المنتجات الثانوية الناتجة من معالجة مياه الصرف الصحي، وهي آخذة في الزيادة عاماً بعد عام نتيجة لتصاعد عدد السكان في العالم وزيادة عدد محطات المعالجة المنتشرة في معظم الدول، حيث تقدر كميات الحماة بـ 25 – 40 كغ/سنة لكل مواطن، وفي الوطن العربي تقدر كمية الحمأة بنحو 5 مليون طن بالسنة. وقد بلغت كميات الحمأة الجافة المنتجة في سورية نحو 200 ألف طن/سنة في عام 2000 [هيئة الطاقة الذرية السورية، 2001] بينما وصلت في نهاية عام 2011 إلى نحو 550 ألف طن/ سنة [وزارة الاسكان والتعمير، الشركة العامة للصرف الصحي، 2011].





الشكل (11) الحمأة المتراكمة في محطات المعالجة

تشكل الحمأة مصدراً جيداً وغنياً بالعناصر الغذائية اللازمة لنمو النبات والتي تعد ثروة سمادية للعديد من المحاصيل الزراعية، حيث تعد إضافة الحمأة إلى الأراضي الزراعية تطبيق شائع الاستعمال في العديد من الدول التي تسمح بإعادة استعمال المخلفات العضوية الصلبة، إلاّ أن استعمالها بشكل غير علمي وغير مرشد يسبب آثاراً خطيرة على نمو النبات وغذاء الحيوان وعلى صحة الإنسان بشكل عام، لذا لا بد من إيجاد الحلول والطرائق الفعّالة والاقتصادية للتخلص من الكميات الهائلة المتراكمة في ساحات محطات المعالجة والتي تشكل مشكلة بيئية وصحية كبيرة (DeHaan,1980 ؛ McLaughlin and Champion,1987 ؛ Rabie *et al.*,1996 ؛ Gerzabec *et al.*,1998؛ Weggler-Beatonet *et al.*,2003؛ Al zoubi *et al.*, 2008).

إن الزيادة في إنتاجية بعض المحاصيل جراء إضافة الحمأة سوف يُشجع على تطبيق استعمالها لتحسين الأراضي الزراعية، إلاَ أن المحاصيل الزراعية تختلف في استجابتها لكميات الحمأة المضافة، وذلك حسب مصدرها ونوع النبات ومعدل إضافتها ونوع التربة والظروف المناخية السائدة إضافة لإدارة تطبيقها. علماً أن هذه المخلفات الصلبة تحتوي على العديد من العناصر المعدنية الثقيلة كالكادميوم وغيره التي يمكن أن تكون له تأثيرات ضارة ومناوئة لصحة الحيوان والإنسان عندما توجد بكميات عالية ضمن السلسلة الغذائية (Rabie *et al.*,1996؛ Jouzdan*et al.*, 2008 ؛ McLaughlin*et al.*,2000).

تختلف الحمأة في نوعيتها تبعاً لنوع المعالجة المطبقة، ومن موسم لآخر ومن مدينة لأخرى، وحسب النشاط الاقتصادي والكثافة السكانية والنمو العمراني. وبشكل أساسي تتكون الحمأة من:

- المادة العضوية (40– 60 %).
- كائنات حية متنوعة ومختلفة.
- مركبات غير عضوية تختلف نسبها وفق مصدر هذه المادة.
- بعض العناصر المعدنية التي يمكن أن يستفيد منها النبات كالآزوت والفوسفور والبوتاسيوم، والعناصر المغذية الصغرى.
- بعض العناصر المعدنية الثقيلة الضارة والسامة إذا ما وجدت بتراكيز مرتفعة.
- تتراوح نسبة الماء في الحمأة السائلة بين 80– 97 %.

2.4. فوائد إضافة الحمأة إلى الترب الزراعية:

- إمداد التربة بالمادة العضوية.
- تزويد النباتات بالعناصر الغذائية الأساسية كالآزوت والفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنزيوم وغيرها.
- تحسين خصائص التربة الفيزيائية والهيدروفيزيائية.
- تحسين وزيادة إنتاجية المحاصيل الزراعية.
- التقليل من استعمال الأسمدة الكيمائية.

3.4. خصائص وصفات الحمأة السورية: يبين الجدول (22) أهم الخصائص الكيميائية والخصوبية للحمأة الناتجة من بعض محطات المعالجة في سورية. حيث تظهر النتائج غنى تلك المادة من العناصر الخصوبية والغذائية الهامة والضرورية لنمو وإنتاج النبات.

الجدول (22) الخصائص الكيميائية والخصوبية لأنواع الحمأة في بعض المحافظات السورية

مصدر الحمأة	الكثافة الظاهرية (غ/سم^3)	pH	EC	O.M	T.N	K_2O	P	آزوت معدني	الرطوبة
			(dS/m)	(%)				(مغ/كغ)	%
دمشق	0.83	6.92	2.13	47.3	3.20	0.17	103	7.10	4.9
حمص	0.81	6.50	1.80	29.7	2.46	0.24	128	235	39.5
حلب	0.86	6.37	3.38	40.5	3.70	0.14	132	8.49	6.5
السلمية	0.85	6.18	2.47	37.4	1.87	0.15	351	675.8	8.5

[هيئة الطاقة الذرية السورية 2001 ؛ هيئة المواصفات والمقاييس السورية 2002؛ ACSAD و GCSAR، 2006]

كما يوضح الجدول (23) محتوى الحمأة السورية من أهم العناصر المعدنية الثقيلة التي تعد ضارة وسامة للإنسان والحيوان والنبات، حيث يبدو جلياً أن تراكيز تلك العناصر تقع ضمن الحدود المسموح بها حسب المواصفة القياسية السورية رقم 2665 لعام 2002.

الجدول (23) تركيز بعض العناصر المعدنية الثقيلة في الحمأة

مصدر الحمأة	مغ / كغ									
	Cd	Cr	Ni	Pb	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
دمشق	1.08	36.6	13.5	122.8	135	114	22931	356	26	649
حمص	4.10	17.31	44	106	171	428	8591	153	28	1091
حلب	2.30	29.52	78.4	71.6	117	230	2400	159	30	1025
السلمية	3.57	87.33	45.33	45.51	–	142.8	–	–	–	1123
الحدود المسموح بها	20	1000	200	800	–	1000	–	–	30	3000

[هيئة الطاقة الذرية السورية 2001 ؛ هيئة المواصفات والمقاييس السورية 2002؛ ACSAD و GCSA، 2006]

4.4. تصنيف الحمأة: يوضح الجدول (24) تصنف الحمأة تبعاً لتركيز العناصر المعدنية الثقيلة فيها حسب المواصفة القياسية السورية 2665 لعام 2002 كالتالي:

الجدول (24) تصنف الحمأة تبعاً لتركيز العناصر المعدنية الثقيلة فيها (مغ/كغ)

العنصر	الدرجة			
	A	B	C	D
الزرنيخ	20	20	20	30
الكادميوم	3	5	20	32
الكروم	100	250	500	600
النحاس	100	375	1500	1500
الرصاص	150	150	300	400
الزئبق	1	4	15	19
النيكل	60	125	270	300
السيلينيوم	5	8	50	90
الزنك	200	700	2500	2800

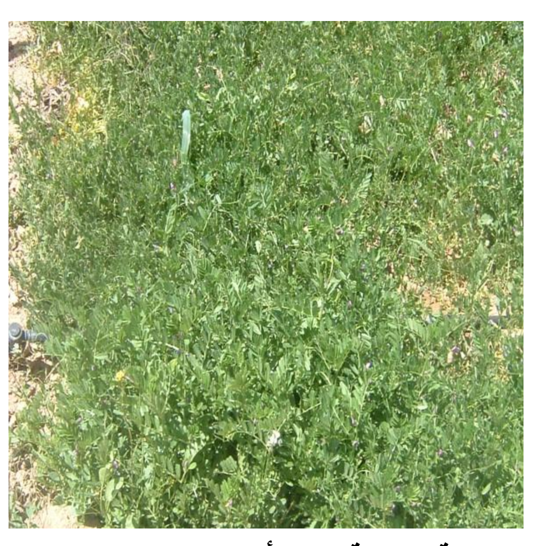
5.4. طرائق التخلص الآمن من الحمأة: إن التأثير البيئي لمثل هذه المخلفات العضوية الصلبة يتطلب اتخاذ إجراءات مناسبة عند اعتماد الطريقة الملائمة للتخلص من الحمأة المتراكمة في محطات معالجة مياه الصرف الصحي، والتي أصبحت مشكلة عالمية تسعى الدول والحكومات جاهدة إلى اتخاذ الاجراءات الصارمة ووضع المعايير الدقيقة للتخلص منها حسب الظروف المحلية السائدة على مدى السنين وحسب الظروف المناخية والجغرافية لكل دولة حيث يتم التخلص من الحمأة بالطرائق التالية:

- إضافتها إلى الترب الزراعية.
- الحرق.
- الطمر الصحي في التربة.
- استعمالها في استصلاح الأراضي.
- الرمي في البحار والمحيطات والمجاري المائية.
- تحويل الحمأة إلى تورب.
- استعمال رماد الحمأة كمادة مالئة في صناعة الإسفلت.
- استعمالها في صناعة الإسمنت.
- استعمالها في عملية إنتاج الغاز الحيوي.

6.4. تأثير استعمال الحمأة في إنتاجية ونوعية بعض المحاصيل: استعملت حمأة الصرف الصحي في العديد من دول العالم كمحسن ومخصب للترب وكسماد عضوي عند زراعة العديد من أنواع المحاصيل والأشجار سواء المثمرة أو الحراجية، وأبدت تلك النباتات استجابة عالية وكبيرة عند تسميدها بمخلفات الصرف الصحي الصلبة، فقد أضيفت تلك المادة للترب المزروعة بالمحاصيل الحقلية كالقمح والشعير والذرة الصفراء وللمحاصيل الصناعية كالقطن، وأيضاً العلفية كالبيقية والفصة والبرسيم، كما أضيفت لتسميد بعض أنواع الأشجار كالزيتون وغيرها.

وفي سورية فإن عملية التخلص من الحمأة الناتجة من مختلف محطات المعالجة في المحافظات باتت تشكل مشكلة بيئية وزراعية واقتصادية وصحية واجتماعية كبيرة، وتعددت المسؤوليات بشأن الطرائق الآمنة للتخلص من هذا المنتج، حيث استعملت الحمأة على نطاق محدد وضيق في سورية وأجريت عدة بحوث ودراسات حول الاستعمال الآمن لتلك المادة وتحديد الكميات المناسبة لإضافتها للتربة الزراعية، ورصد الآثار البيئية الضارة بالموارد الطبيعية من تربة ونباتات ومياه وفي الصحة العامة.





الشكل (12) تسميد القطن والبيقية العلفية بالحمأة

فقد استُعملت الحمأة في تسميد التربة المزروعة بمحاصيل دورة زراعية هي: القطن – القمح– الذرة الصفراء – البيقية العلفية، وأضيفت حسب احتياجات تلك المحاصيل من عنصر الآزوت، وذلك لدراسة مدى تأثير إضافة الحمأة في خصائص التربة وفي إنتاجية تلك المحاصيل كماً ونوعاً، وعلى مدى ثماني سنوات وصل معدل الإضافة خلال فترة الدراسة إلى نحو 166 طن/هـ، و بنهاية الدراسة تم التوصل إلى النتائج التالية:

- أدت إضافة الحمأة لزيادة معنوية في إنتاجية المحاصيل المزروعة مقارنة بالشاهد.
- ساهمت إضافة الحمأة في زيادة إتاحة بعض العناصر الغذائية كالآزوت والفوسفور وكذلك زيادة محتوى التربة بالمادة العضوية.
- ازداد تراكم بعض العناصر الثقيلة في التربة مع زيادة إضافة الحمأة والأسمدة المعدنية ولاسيما الكادميوم والرصاص مقارنة بالشاهد.
- إن تراكم العناصر الثقيلة في التربة بقي ضمن حدود المحتوى الطبيعي.
- أدى استعمال الحمأة إلى تقارب في الإنتاج مع معاملة السماد المعدني.
- لعبت الحمأة المضافة للتربة حسب احتياجات المحصول لعنصر الآزوت دوراً إيجابياً في زيادة ورفع محتوى تلك التربة من العناصر الخصوبية الهامة وبشكل معنوي مقارنة مع الشاهد.
- بقيت تراكيز المعادن الثقيلة المدروسة في النسج النباتية للمحاصيل المزروعة ضمن حدود المحتوى الطبيعي لتركيزها في النباتات.

[عودة، 2002؛ جزدان وزملاؤه، 2008 ؛ Al zoubi *et al.*, 2008]





تسميد القمح والذرة الصفراء بالحمأة

المراجع Reference

- أرناؤوط ، محمد السيد . 1993 : الإنسان وتلوث البيئة ، الدار المصرية اللبنانية للنشر.
- أشلق ، منير وحديد ، بركات . 1996: أهمية إعادة استعمال المياه العادمة بعد معالجتها في مجال الري الزراعي ، مجلة المهندس الزراعي العربي، العدد الثلاثون ، 17 – 30 ، سورية.
- الأعوج ، طلعت إبراهيم .1994 : التلوث المائي (الجزء الثاني) ، الدار المصرية للكتاب.
- الجزائري ، خلود . 1998 : " دراسة التلوث الجرثومي والسمي لنباتات الغوطة المروية بمياه نهر بردى والمياه الجوفية " . أطروحة أعدت لنيل درجة الماجستير في ميكروبيولوجيا المياه بإشراف أ. د. ابتسام حمد و أ. د. الجيلاني عبد الجواد، كلية العلوم، جامعة دمشق.
- المواصفة القياسية السورية. 2008. معايير ومواصفات مياه الصرف الصحي المعالجة للاستعمال الزراعي. رقم 2752.
- المواصفة القياسية السورية. 2002 .إعادة الاستخدام الآمن للحمأة الناتجة عن محطات المعالجة رقم 2665.
- جزدان، عمر. 2014: "واقع المياه المعالجة في الوطن العربي وأهمية استعمالاتها في الإنتاج الزراعي"المؤتمر الدولي حول "استعمال المياه العادمة المعالجة في الإنتاج الزراعي في الوطن العربي: الواقع الحالي والأفاق المستقبلية"، 14-1/16/ 2014، دبي – الإمارات العربية المتحدة.
- جزدان، عمر. 2011: "التأثيرات البيئية لاستعمال المياه العادمة المعالجة وغير المعالجة في التربة والنبات" ورشة العمل الإقليمية حول تقنيات استخدام المياه العادمة المعالجة في الإنتاج الزراعي ودورها في تحقيق الأمن الغذائي بالوطن العربي، 27 نوفمبر – 1 ديسمبر 2011، عمان، المملكة الأردنية الهاشمية.
- جزدان. عمر، عبد الجواد. الجيلاني، أرسلان. أواديس، الزعبي. محمد منهل، بيجون. ناديا، طباع. محمد. 2008: تأثير إضافة الحمأة في إنتاجية القطن والقمح والذرة الصفراء وفي تراكم بعض المعادن الثقيلة في التربة والمحاصيل المدروسة. المجلة العربية للبيئات الجافة، المجلد الأول العدد الثاني، ص: 28-44، إصدارات المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة – أكساد، 2008.
- جزدان ، عمر. 2002: "دراسة تأثير الري بالمياه العادمة المعالجة وغير المعالجة في خصائص التربة الفيزيائية والهيدروفيزيائية والكيميائية وفي إنتاجية بعض الخضر

والمحاصيل باستعمال الأحواض الليزيمترية". رسالة أعدت لنيل درجة الماجستير في علوم التربة واستعمالات المياه، بإشراف أ.د. فاروق فارس، أ.د. محمد فايز اسميطة، كلية الزراعة، جامعة دمشق.

- عبد الجواد ، الجيلاني . 1998 : " المياه العادمة المعالجة في الوطن العربي مصادرها واستعمالاتها " . ندوة حول تقنيات معالجة وإعادة استخدام المياه العادمة ، في الفترة ما بين 25 – 26 تشرين الثاني 1998 . أكساد ، دمشق ، الجمهورية العربية السورية .
- عودة، محمود. 2002. أثر الحمأة الناتجة عن محطة معالجة مدينة حمص في نمو نبات الذرة الصفراء وامتصاصه لبعض العناصر. المؤتمر الدولي الثاني للزراعة العضوية. الجزء الأول. 280–290.
- مارديني انتصار– الشواف سعد الله. 2003. الموارد المائية التقليدية وغير التقليدية في سورية.
- هيئة الطاقة الذرية السورية. 2001. دراسة إمكانية استعمال الحمأة في الزراعة في سورية. هـ ط ذ س . ش/ ت د ع 386.
- هيئة تخطيط الدولة 2000. وثيقة مشروع إدارة الطلب للمياه التقليدية وغير التقليدية /98/007SYR
- وكالة حماية البيئة الأمريكية (EPA). 1992 وإدارة البيئة الكندية . 1987 : نوعية مياه الري المستعملة في الزراعة .
- وزارة البيئة 2002 . الاستراتيجية الوطنية لحماية البيئة.

- Adriano,. D.C.1986. “Trace Elements in the Terrestrial Environment” Springer - Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo. 536p.
- AFNOR. 1983. Essais des Eaux. Determination de L’Inhibition de La Mobilite de Daphnia magna. NF. T 90-301. Janvier 1983. Norme Francaise Homologuee.
- Alzoubi ،M. M., A. Arslan., G. Abedalgawad., N. Pejon., M. Tabbaa., and O. Jouzdan.2008: The Effect of Sewage Sludge on Productivity of a Crop Rotation of Wheat, Maize and Vetch and Heavy Metals Accumulation in Soil and Plant in Aleppo. American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 3(4): 618-625, 2008.
- Angelakis, A.N., and S, Spridakis. 1995. The status of water resources in Minion times: a preliminary study. Angelakis, A.N. and A.Issar, Editors, Diachronic climatic region. Springer- Verlag, Heideberg, Germany.
- Anon. (2001). Diagnosis and Management of Foodborne Illnesses: A Primer for physicians. MMWR January 26, 50(RR02):1-69.
- Bartram, J., R. Balance, 1996. Water quality monitoring. A practical guides to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring

programmes. Published on behalf of UNEP, WHO, E & FN SPON, an imprint of Chapman & hall, London, UK.

- Chang, A., A, Page. T, Asano. 1995. Developing human health – related chemical guidelines for reclaimed wastewater and sewage sludge applications in agriculture. World health organization, Geneva, 1995.
- Chapman, H. D. and P. F. Pratt. 1961. Method of analysis for soils, plants, and waters. Agr. Pupl. , Univ. Of Calif. , Reverside.
- DeHaan, S.1980. Sewage sludge as phosphate fertilizer . Phosphorus Agric.34:33-41.
- Doull, J.; C.D, Klaassen. M.O, Amdur. 1980. Casarett and Doull's toxicology, the basic science of poisons. Second edition, Macmillan publishing Co, Inc., New York, USA.
- El-Keiy, O. M. 1983.Effect of Sewage Sludge on Soil Properties and Plant Growth. Ph .D Dissertation.Fac.Agric.Allex.Univ. Egypt.
- FAO 1992. Wastewater treatment and use in Agriculture. Pescod MB. Irrigation and Drainage Paper 47. Food and Agricultural Organization (FAO), Rome.
- FAO. 2000. User manual for irrigation with treated wastwater. FAO regional office for the near east. Cairo. Egypt.
- Gennaccaro, A. L, McLaughlin, M. R., Quintero-Betancourt, W., Huffman, D. E and Rose, J. B. (2003). Infectious *Cryptosporidium parvum* oocysts in final reclaimed effluent. Applied and Environmental Microbiology 69, 4983-4984.
- Gerzabec, M.H., E.Lombi, and P.Herger.1998. Use of sewage sludge-nitrogen availability and heavy metal uptake into rape .Boden-kulur 49:85-96.
- Jouzdan. O., F, Fares., G. Abedalgawad. 2007. The Effect of Using Urban Treated and Untreated Effluents on Soil and Agricultural Crop Pollution in Syria (Damascus - Ghouta). American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 2(1): 51-61, 2007.
- Kalra,P.Y. 1998. *Reference Methods for Plant Analysis* CRC Press, Boca Raton , D.C.
- McLaughlin,M.J. and L.Champion.1987. Sewage sludge as phosphorus amendment for sesquioxic soils. Soil Sci.143:113-119.
- Metcalf and Eddy Inc. (ed.) (1995). *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse.* McGraw-Hill, New York, 1819 pp.
- Michael H. Gerardi and Mel C. Zimmerman *2005 Wastewater Pathogens.*Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. Printed in the United States of America
- Papadopoulos, I. 1995. Wastewater management for agricultural production and environmental protection in the Near East Region. FAO Regional office for the Near East. Cairo, Egypt.
- Pescod, M.B. 1991. Wastewater treatment and use in agriculture. FAO Irrigation and Drainage paper No 47, Rome.
- Prost, R. (ed). 1997. Contaminated Soils, proceeding of the 3^{ed} International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements , May 15-19 , 1995 . INRA – Paris, Versailles 78026, France.

- Rao, R.; P.Thanikaivelan; K.Sreeram and B.Nair.2002.Green Route for the Utilization of Chrome Shaving (Chromium-Containing Solid Waste) in Tanning Industry. *Environ. Sci &Tech*., 36 (6) 1372-1376 pp.
- RNEA. 1991. Wastewater use and human health. FAO regional office for the Near East (RNEA). RNEA technical bulletin series. Cairo.
- Scott, C. A., Zarazúa, A. J. and Levine, G. (2000). Urban-Wastewater Reuse for Crop Production in the Water-Short Guanajuato River Basin, Mexico. *IIMI Research Report no. 41*, International Irrigation Management Institute (IIMI), Colombo, Sri Lanka.
- Shuval, H. I. 1986. Wastewater irrigation in developing counties, health effects and technical solutions. Washington, D C World Bank 1986 (Technical paper No 51).
- Saqqar, M.M., M.B, Peacod,. 1991. Microbiological performance of multi – stage stabilization ponds for effluent use in agriculture. Soil. Sci. Tech. Vol.23 pp 1517 – 1524, Kyoto. Japan.
- Rabie, M.H., A.Y.Negm., M.E.Eleiwa and M.F.Abdel-Sabour.1996. Influence of Tow Sewage Sludge Sources on Plant Growth and Nutrient Uptake. Egypt.
- Toze, S. (1999). PCR and the detection of microbial pathogens in water and wastewaters. Water Research. 33, 3545-3556.
- Weggler-Beaton, K., R. D. Graham and M. J. McLaughlin. 2003. The influence of low rates of air-dried Biosolids on yield and phosphorus and zinc nutrition of barley and wheat.Aust.J.Soil Res .41:293-308.

الملحق

المواصفات القياسية السورية ذات الصلة بمياه الصرف الصحي المعالجة

وضعت الهيئة العامة للمواصفات والمقاييس السورية معايير عديدة لمياه الصرف الخام والمعالجة وقد حددت هذه المعايير الحدود العظمى المسموح بها للعديد من المؤشرات ولكل مجال من مجالات الاستعمال فمن هذه المعايير:

- المواصفة القياسية السورية رقم 2752– 2008 الخاصة بمياه الصرف الصحي المعالجة لأغراض الري.
- المواصفة القياسية السورية رقم 2580– 2008 الخاصة بالمخلفات السائلة الناتجة عن النشاطات الاقتصادية المنتهية الى شبكة الصرف العامة.
- المواصفة القياسية السورية رقم 3474– 2009 الخاصة بالمياه المعالجة المسموح بصرفها إلى البيئة المائية.
- المواصفة القياسية السورية رقم 2665– 2002 الخاصة بالحمأة الناتجة عن محطات المعالجة.

بالمقارنة مع المواصفة العالمية لمنظمة الأغذية العالمية (FAO 47) يلاحظ ما يلي:

- استعمال المواصفة السورية رقم 2008/2752 معايير FAO بالنسبة للحدود القصوى لتراكيز الموصى بها من العناصر الثقيلة.
- اعتماد المواصفة التفريق بين الحدود القصوى الموصى بها من مختلف العناصر في مياه الصرف الصحي المعالج بين استعمال دائم واستعمال قصير الأمد نسبياً حتى 20 عاماً.
- تعد المواصفة السورية من المواصفات القاسية والتي تحاكي غالبية المعايير العالمية.
- كما وتعد المواصفة القياسية السورية من المواصفات القياسية الشديدة نسبياً نظراً لاعتمادها الحدود الدنيا من محتويات العناصر التي اعتمدتها الكثير من المواصفات القياسية العالمية.

مياه الصرف الصحي المعالجة لأغراض الري

م. ق. س. 2008/2752

1. **المجال:**

تختص هذه المواصفة القياسية بالاشتراطات الواجب توافرها في مياه الصرف الصحي المعالجة والناتجة عن محطات معالجة الصرف الصحي والتي يمكن استعمالها حسب الأوجه المبينة في الجدول رقم (1).

2. **التعاريف:**

1.2. مياه الصرف الصحي: هي المياه الناتجة عن الاستعمالات المنزلية والتي قد تختلط بمياه عادمة صناعية ذات نوعية مطابقة للمواصفة القياسية السورية /2850/ والخاصة بـ: " المخلفات السائلة الناتجة عن النشاطات الاقتصادية المنتهية إلى شبكة الصرف العامة".

2.2. المسطحات الخضراء: هي المساحات المخصصة للأغراض الجمالية والتنسيقية وغير المخصصة لغايات التنزه.

3.2. المحاصيل الصناعية: هي المحاصيل التي تُستعمل في غايات صناعية مثل القطن والشوندر السكري وأشجار الخشب وغيرها.

4.2. أنظمة المعالجة الميكانيكية: هي الأنظمة التي تعالج المياه بطرائق ميكانيكية تتضمن التهوية والترسيب كنظام الحمأة المنشطة ونظام الأقراص البيولوجية والمرشحات البيولوجية وغيرها.

5.2. أنظمة المعالجة الطبيعية: هي الأنظمة التي تعالج المياه طبيعياً بواسطة البرك اختيارية التهوية أو اللاهوائية أو برك الإنضاح أو غيرها.

6.2. التطهير: هي عملية التخلص من الميكروبات الممرضة والدالة على التلوث من خلال استعمال مطهرات مثل الكلور أو مركباته أو الأوزون أو أية مطهرات أخرى معتمدة.

7.2. معالجة المياه:

- المعالجة الأولية هي المعالجة التي تعتمد على الفصل الفيزيائي فقط.
- المعالجة الثانوية وما فوق: هي المعالجة التي تعتمد على معالجة كيميائية و/بيولوجية.

8.2. العينة المركبة: هي عينة تؤخذ خلال مدة معينة (يوم مثلاً) وتتكون من عدد من العينات المفردة مأخوذة على فترات زمنية محددة خلال تلك المدة.

9.2. العينة المفردة: هي عينة تؤخذ مرة واحدة في وقت معين (يُفضل أن يكون متوافقاً مع توقيت الحمل الأقصى للمحطة).

3. **الاشتراطات العامة:**

- يجب أن تتطابق مواصفات المياه المعالجة مع الحدود المسموحة الواردة في الجدول (1) وحسب الاستعمال المباشر المخطط له.
- يجب إيقاف الري قبل جني المحصول بأسبوعين عند استعمال المياه المعالجة لغايات ري الأشجار المثمرة أو المحاصيل الحقلية أو العلفية قبل رعيها أو قصها مع استبعاد الثمار الساقطة والملامسة للتربة.
- لا يسمح باستعمال هذه المياه لري الخضار التي تؤكل نيئة (طازجة) مثل البندورة والخيار والجزر والخس والفجل والنعناع والبقدونس والكزبرة والفليفلة والزهرة والملفوف وما شابهها.
- يجب استعمال الأنابيب أو القنوات المبطنة عند نقل المياه المعالجة في مناطق ذات نفاذية عالية والتي تؤثر على الخزان الجوفي أو المياه السطحية المستعملة للشرب.
- لا يسمح بخلط المياه المعالجة في موقع محطة المعالجة بمياه نقية بهدف تحقيق الاشتراطات الواردة في هذه المواصفة.
- في حالة استعمال المياه المعالجة لغير الأغراض المذكورة في هذه المواصفة (مثل أعمال التبريد أو الإطفاء) تعتمد مواصفات أو إرشادات قياسية خاصة بكل استعمال وبعد إجراء الدراسات اللازمة على أن يؤخذ البعد الصحي والبيئي بعين الاعتبار الجهة المستعملة.
- يجب اتخاذ التدابير اللازمة عند التعامل مع المياه المعالجة وذلك باستعمال طرائق الوقاية مثل (الأحذية المطاطية – القفازات ... وغيرها).

4. **الاشتراطات القياسية:**

- يبين الجدول رقم (1) المعايير الخاصة بمياه الصرف الصحي المعالجة المستعملة في الزراعة، وفي حال تجاوزت مواصفات المياه المعالجة هذه القيم يتوجب على الجهة المستعملة لهذه المياه إجراء الدراسات العلمية الهادفة إلى توضيح تأثير تلك المياه على الصحة العامة والبيئة واقتراح الحلول العلمية والعملية الكفيلة بتجنب الإضرار بأي منهما.
- تعد نتائج فحص الأيشيريشيا كولي ضرورية.
- يمنع استعمال الري بالرشاشات لفئة الاستخدام (ب) و (ج) باستثناء ري المسطحات الخضراء.
- عند استعمال نظام الري بالرشاشات لفئة الاستخدام (أ) وكذلك المسطحات الخضراء غير المعرضة للاستعمال البشري نهاراً، عندها يتوجب ممارسة الري ليلاً.

- تستثنى المحاصيل التي تؤكل بشكل نيئ مثل الحمص والفول الأخضر والذرة فيما يخص فئة الاستخدام (ج).
- يسمح لمحطات التنقية الطبيعية بتجاوز القيم الخاصة بأعداد الأيشيريشياكولي عند طرح المياه إلى أودية مؤدية إلى سدود يتم تخزين المياه فيها وتستعمل مياهها بالكامل لأغراض الري، أما في حالة استعمال المياه قبل وصولها إلى السدود فيتم الالتزام بالمواصفة وذلك حسب طبيعة الاستعمال.
- بالنسبة لمحطات التنقية الميكانيكية والتي تحتوي على برك التشذيب ومحطات التنقية الطبيعية يتم حساب الأوكسجين الحيوي المستهلك (BOD_5) بعد إجراء عملية الفلترة.
- يجب إجراء الدراسات الفنية لنوعية مياه الري في المناطق الحساسة وهي الأراضي القريبة من الينابيع أو الطبقات الحاملة للمياه والتي تستعمل مياهها لأغراض الشرب بحيث لا تسبب تلوثاً للمصادر المائية الجوفية أو أحواض هذه الينابيع ويجب أن تحقق هذه المياه الشروط التالية:

الجدول (1) الحدود القصوى المسموح بها للمعايير القياسية الخاصة بالمياه المعالجة المستعملة لأغراض الري

المؤشر	الحد الأدنى للإزالة
العكارة	2NTU
إجمالي الكربون العضوي (TOC)	16 مغ/ل
الايشيريشياكولاي (E-Coli)	2.2 عصية / 100 مل
BOD	10 مغ/ل
COD	20 مغ/ل
NH_4	2 مغ/ل
NO_3	30 مغ/ل
TN	30 مغ/ل
بيوض الديدان	صفر بيضة/ل
مؤشر TP التركيز 2 مغ (10000-100000) نسمة التركيز 1 مغ/ل (أكثر من 100000) نسمة	%80
مؤشر TN التركيز 15 مغ (10000-100000) نسمة	%(70-80)

الجدول (2) الحدود القصوى المسموح بها للمعايير القياسية الخاصة بالمياه المعالجة المستعملة لأغراض الري

المؤشر	الخضار المطبوخة	المنتزهات والملاعب وجوانب الطرق داخل المدن	الملاعب الرياضية	الأشجار المثمرة	جوانب الطرق الخارجية	المسطحات الخضراء	الحبوب والمحاصيل العلفية	المحاصيل الصناعية	الأشجار الحراجية
	أ			ب			ج		
BOD5 ملغ/ل	30			100			150		
COD ملغ/ل	75			200			300		
TDS ملغ/ل	1500			2000			–––		
SS ملغ/ل	50			150			-		
SAR	3 >			9 – 3			9 >		
pH	9 – 6								
Cl_2 Residual*	0.5			-			-		
NO_3 ملغ/ل	60			70 – 60			80 - 70		
NH_4 ملغ/ل	20			30			-		
H_2SO_4 ملغ/ل	500			600			600		
TN ملغ/ل	45 – 30			70 - 45			-		
H_2S ملغ/ل	0.5 >			2-0.5			2<		
	أ			ب			ج		
PO_4 ملغ/ل	20								
TP ملغ/ل	10								
HCO_3 ملغ/ل	520								
Cl ملغ/ل	500								
الزيوت والشحوم	5								
MBAS ملغ/ل	5								
Phenol ملغ/ل	0.002								
Na ملغ/ل	300								
Mg ملغ/ل	60								
Mg ملغ/ل	60								
	معايير صحية								
E. Coli CFUعصية /100 ميللتر	100>			1000 - 100					
بيوض الديدان المعوية (بيضة/لتر)	بويضة واحدة على الأقل								

الجدول (3) الحد الأقصى لتراكيز العناصر الثقيلة الموصى بها في مياه الري

مغ/ل	الاستعمال قصير الأجل (حتى 20 سنة كحد أقصى)	الاستعمال طويل الأجل (بشكل دائم)
Al	20	5
As	2	0.1
Be	0.5	0.1
B	2	0.5
Cd	0.05	0.01
Cr	1	0.1
Co	5	0.05
Cu	5	0.2
F	15	1
Fe	20	5
Li	5	2.5
Mn	10	0.2
Mo	0.05	0.01
Ni	1	0.2
Se	0.02	0.02
V	1	0.1
Zn	10	2
Pb	5	0.5
CN	0.1	0.1

الجدول (4) تأثيرات تراكيز العناصر الثقيلة الموصى بها في مياه الري

العنصر	الحد الأعلى للتراكيز الموصى بها	ملاحظات
Al	5.0	قد يؤدي إلى عدم الإنتاجية في التربة الحامضية (الرقم الهيدروجيني اقل من 5.5) ولكن في التربة الأكثر قاعدية (رقم هيدروجيني أكبر من 7) يتم ترسيب الأيون وتزال أي سمية.
As	0.1	تتفاوت السمية على النبات بشكل كبير، تتراوح ما بين 12 مغ/ل لحشيشة السودان إلى أقل من 0.05 مغ/ل للرز.
B	15 – 0.5	تتفاوت السمية على النباتات بشكل واسع تتراوح، مثال أقل من (0.5) مغ/ل لليمون، (1) مغ/ل للقمح، (6) مغ/ل للبندورة ، (15) مغ/ل للقطن.
Be	0.1	تتفاوت السمية على النباتات بشكل واسع تتراوح ما بين (5) مغ/ل للكرنب (Kale) إلى (0.5) مغ/ل شجيرات البقوليات.
Cd	0.01	سام للبقوليات والشمندر واللفت بتراكيز منخفضة قد تصل إلى (0.1) مغ/ل في المحاصيل الغذائية، يوصى بحدود منخفضة بسبب احتمالية تراكمه في النباتات والتربة بتراكيز قد تؤذي الإنسان.
Co	0.05	سام للبندورة على مستوى 0.1 مغ/ل في المحلول المغذي، يميل إلى أن يكون غير فعال في التربة المتعادلة والقلوية.
Cr	0.1	بشكل عام لم يتحقق من كونه أساسياً كعنصر للنمو، يوصى الالتزام بحدود منخفضة لنقص المعلومات المتوفرة عن سميته للنباتات.
Cu	0.2	سام لعدد من النباتات على مستوى 0.1 – 1 مغ/ل في محلول التغذية.
F	1.5	غير نشط (غير فعال) في التربة القلوية والمتعادلة.
Fe	5	غير سام للنباتات في التربة المهواة ولكنه قد يساهم في رفع حموضة التربة وفقدان الفوسفور الاساسي والموليبيدينيوم. الري بالرش العالي قد يؤدي إلى رواسب غير مستساغة على النباتات والمعدات والمباني.
Li	2.5	تتحمله أغلب المحاصيل لغاية 5 مغ/ل متحرك في التربة سام للحمضيات بتراكيز منخفضة (أقل من 0.075 مغ/ل) ويعمل بشكل مشابه للبورون.
Mn	0.2	سام لعدد من المحاصيل بأعشار قليلة إلى عدد قليل من مغ/ل ولكن عادة فقط في الترب الحامضية.
Mo	0.01	ليس ساماً للنباتات في التراكيز العادية في التربة والماء ومن الممكن أن يكون ساماً للماشية إذا تمت زراعة الأعلاف الخضراء في التربة المحتوية على تراكيز عالية من الموليبيدينيوم المتوفر (المتاح).
Ni	0.2	سام لعدد من النباتات على مستوى (0.5 – 1) مغ/ل وتقل السمية عندما يكون (pH) متعادلاً أو قلوياً.
Pb	5	يمكن أن يمنع نمو خلايا النباتات في حالة التراكيز العالية.
Se	0.02	سام للنباتات بتراكيز منخفضة تصل إلى 0.025 مغ/ل وسام للماشية إذا تمت زراعة الأعلاف الخضراء في تربة مضاف لها مستوى عالي من السيلينيوم وهذا العنصر ضروري للحيوانات ولكن بتراكيز منخفضة جداً.
V	0.1	سام للعديد من النباتات بتراكيز منخفضة جداً.
Zn	2	سام للعديد من النباتات بتراكيز مختلفة بشكل واسع وتنخفض السمية عندما يكون (pH) أكبر من 6 وفي قوام التربة الناعمة أو التربة العضوية.

5. مراقبة النوعية:

1.5. محطات المعالجة الخاصة بالمدن (قطاع عام): تتم مراقبة النوعية كالتالي:

- على الجهة المالكة لمشروع محطة تنقية مياه الصرف الصحي المنزلية التأكد من مطابقة نوعية المياه المعالجة للمواصفات المعتمدة وحسب الاستعمال النهائي لها وعليها القيام بإجراء الفحوصات المخبرية وإبرازها للجهات الرقابية الحكومية عند الطلب.
- تتولى الجهة التشغيلية أخذ عينات مركبة تجمع بواقع كل أربع ساعات ولمدة 24 ساعة وفق التكرارية الموضحة في الجدول رقم (3) بينما تتولى الجهات الرقابية جمع عينات بالكيفية التي تراها مناسبة.
- تكون تكرارية جمع العينات للجهات الرقابية والتشغيلية حسب ما ورد في الجدول (3).

جدول (5) عدد عينات المياه المعالجة المتوجب جمعها شهرياً لغايات التقييم من محطات المعالجة وأنواع التحاليل الفيزيوكيميائية والبيولوجية التي يتطلب إجراؤها على تلك العينات****

نوع المعالجة	المعايير التشغيلية / تكرارية العينات بالشهر		المعايير الصحية / تكرارية العينات بالشهر		فترة التقييم
	الجهة التشغيلية	الجهة الرقابية	الجهة التشغيلية	الجهة الرقابية	
أولية	الفحوص الروتينية: 8 ○ الخواص الفيزيوكيميائية: يومياً[1]	الفحوص الروتينية: 2 ○ الخواص الفيزيوكيميائية: 2	بيوض الديدان: 1 ○ الايشيريشياكولي: 2*	بيوض الديدان: 1 ○ الايشيريشياكولي: 2	3 شهور **
ثانوية وما فوق	الفحوص الروتينية: 4 ○ الخواص الفيزيوكيميائية: يومياً[1]	الفحوص الروتينية: 1 ○ الخواص الفيزيوكيميائية:1	بيوض الديدان: 1 ○ الايشيريشياكولي: 2*	بيوض الديدان: 1 ○ الايشيريشياكولي: 1*	6 شهور ***

*** عينة فردية وتشمل الجرثومي – درجة الحرارة – درجة pH**

○ عينة فردية

الفحوصات الروتينية: TP, NO_3, BOD_5, COD, TSS, NH_4, TN

الخواص الفيزيوكيميائية: pH, TDS، درجة الحرارة

**** حسب الفصول (كانون أول– شباط/آذار– أيار/حزيران – آب/أيلول – تشرين ثاني) نيسان)**

****** بالنسبة للمعايير الاسترشادية الواردة في الجدول رقم 3 تكون التكرارية بمعدل مرتين بالعام للجهات الرقابية والتشغيلية.**

1 تؤخذ ثلاثة عينات على الأقل يومياً (عينة كل وردية).

2.5. محطات المعالجة للمنشآت الصناعية (قطاع عام وخاص): تعتمد آلية الرقابة على المياه العادمة الصناعية المعالجة التي يتم طرحها على كمية المياه الخارجة من المنشأة (أقل أو أكثر من 100 م^{3} يومياً من المياه) وتكون تكرارية جمع العينات وتحليلها من قبل القائمين على المنشأة كما يلي:

- في المنشآت التي تكون المياه الخارجة من المنشأة أقل من 100 م^{3} يومياً: كل ثلاثة أشهر.
- في المنشآت التي تكون كمية المياه الخارجة من المنشأة أكبر أو تساوي 100 م^{3} يومياً: كل شهر وتكون تكرارية جمع العينات من قبل الجهات الرقابية كما يلي:
  - في المنشآت التي تكون كمية المياه الخارجة من المنشأة أقل من 100م^{3} يومياً: كل ستة اشهر.
  - في المنشآت التي تكون كمية المياه الخارجة من المنشأة أكبر أو تساوي 100م^{3} يومياً: كل ثلاثة أشهر.

6. مراقبة النوعية وآلية التقييم:

- على الجهة المالكة لمشروع محطة معالجة المياه العادمة التأكد من مطابقة نوعية المياه المستصلحة للموصفات المعتمدة وحسب الاستعمال النهائي لها وعليها القيام بإجراء الفحوصات المخبرية اللازمة مع ضرورة فتح سجلات رسمية لتوثيق النتائج المخبرية وإبرازها للجهات الرقابية الحكومية عند طلبها.
- تتولى الجهة التشغيلية أخذ عينات مركبة تجمع بواقع عينتين على الأقل و لمدة 24 ساعة وفق التكرارية الموضحة بالجدول 3 بينما تتولى الجهات الرقابية جمع العينات بالكيفية التي رأتها مناسبة.
- لغايات تقييم نوعية المياه المستصلحة للأغراض المختلفة الموضحة بالجدول 1 تعتمد الفترات الزمنية الموضحة في الجدول رقم 3 مع مراعاة تكرارية العينات للمعايير التي تراقب مرتين في العام.
- يتم أخذ العينات وحفظها ونقلها وتحليلها حسب ما ورد في كتاب الطرق القياسية لفحص المياه والمياه العادمة وتعديلاته وأية طرائق تحليل معتمدة أخرى.
- يستخدم المعدل الهندسي لاحتساب نتائج عصيات القولون المقاومة للحرارة أو الايشيريشاكولي عند تقييم نوعية المياه المستصلحة.
- فيما يخص تقييم كفاءة وأداء محطة المعالجة من حيث المؤشرات (TN – TP – BOD – COD – S) يستخدم المتوسط الحسابي وبحيث لا يقل عدد العينات المشمولة في حسابه عن خمس عينات خلال 14 يوم.

- في حالة الحاجة إلى تحديد معايير مستجدة غير واردة في هذه المواصفة يتم الرجوع إلى هيئة المواصفات والمقاييس السورية لاتخاذ الإجراء اللازم.
- في الحالات الوبائية على الجهات الرقابية القيام بالتحري عن الجراثيم المعوية الممرضة الممكن تواجدها في المياه.
- آلية الرقابة النوعية:
  - فئة الاستعمال (أ و ب): عند ظهور تجاوز في أي من المعايير الواردة في هذه المواصفة يتم أخذ ثلاث عينات إضافية من المياه السطحية وبواقع عينة يومياً، فإذا بينت النتائج المخبرية وجود تجاوز في عينتين يتم إيقاف استعمال المياه المستصلحة فيما يختص بالاستعمال الذي تجاوز مواصفته لحين استقرار نوعية المياه وعدم تجاوز النتائج المخبرية لعينتين متتاليتين للقيم الواردة في هذه المواصفة.
  - فئة الاستعمال (ج و د): في حالة الطرح للأودية أو السيول تعتمد فترة التقييم المشار إليها في الجدولين 2 و 3 وعند حدوث تجاوز في أي من المعايير يتم إشعار الجهة المعنية بضرورة تصويب الوضع بالسرعة الممكنة.

المخلفات السائلة الناتجة عن النشاطات الاقتصادية المنتهية إلى شبكة الصرف العامة

م. ق. س 2580 /2008

1. المجال: تحدد هذه المواصفة الاشتراطات والخواص التي يجب أن تتوفر في المخلفات السائلة الناتجة عن النشاطات الاقتصادية المنتهية إلى شبكة الصرف العامة بهدف الحفاظ عليها، والتشغيل الأمثل لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي والحصول على نواتج آمنة بيئياً. وتسري أحكام هذه المواصفة على النشاطات التالية:

- الصناعات الكيميائية.
- الصناعات الغذائية والدوائية.
- الصناعات النسيجية.
- الخدمات الصحية.
- أي منشأة أو نشاط اقتصادي يصرف مياهاً ملوثة.

2. التعاريف:

1.2. مياه الصرف العامة: هي المياه المصروفة من التجمعات السكانية أو الصناعية أو أي منشأة أو نشاط اقتصادي والمطروحة إلى شبكة الصرف العامة، وتصنف حسب مصدرها إلى مياه تحتوي على مخلفات منزلية، تجارية، صناعية ومن منشآت اقتصادية.

2.2. مياه الصرف الصناعي: هي المياه الناتجة عن نشاطات صناعية وتحتوي على المخلفات والملوثات الناتجة عن مختلف مراحل هذه النشاطات، سواء أكانت معالجة أم غير معالجة.

3.2. شبكة الصرف العامة: هي شبكة من خطوط القساطل والمجاري والتي يتم بواسطتها تجميع ونقل مياه الصرف العامة بشكل مشترك أو منفصل مع مياه الأمطار، والهدف من شبكة الصرف العامة هو تجميع ونقل مياه الصرف إلى محطات المعالجة أو نقطة الصرف النهائية.

4.2. العينة المركبة: هي عينة تؤخذ على مدار فترة التشغيل وتحلل في نهاية فترة التشغيل.

5.2. العينة الممثلة:

- العينة الممثلة في المنشآت الملزمة بمحطة معالجة: تؤخذ عينة مركبة من مخرج المحطة في أي وقت شريطة أن يكون مخرج المحطة هو المخرج النهائي للمنشأة.
- العينة الممثلة في المنشآت غير الملزمة بمحطة معالجة: تؤخذ عينة مركبة على مدار فترة التشغيل من آخر نقطة تصريف داخل المنشأة.

3. الحدود المقبولة في مياه الصرف الصناعي قبل طرحها إلى شبكة الصرف العامة: يجب أن تتحقق في مياه الصرف الصناعي التي تصرف من النشاطات الواردة أعلاه إلى شبكة الصرف العامة الاشتراطات الموضحة في الجدول التالي:

اسم العنصر	الرمز	الحد الأقصى المسموح به	الوحدة	الملاحظات
درجة الحرارة	T	35	درجة مئوية	
الرقم الهيدروجيني	pH	9.5 – 6.5		
المواد الصلبة القابلة للترسيب	SS	10	مغ/ل	بعد 30 دقيقة
مجموعة المواد العالقة	TSS	500	مغ/ل	
الكبريتيد	S		مغ/ل	
الكبريتات	SO_4	1000	مغ/ل	
الأمونيوم	NH_4	100	مغ/ل	
الفوسفات	PO_4	20	مغ/ل	
الزيوت والشحوم القابلة للتصبن والمواد الراتنجية		100	مغ/ل	
الزيوت والشحوم المعدنية		10	مغ/ل	
الباريوم	Ba	3.0	مغ/ل	
البورون	B	1.0	مغ/ل	
الكادميوم	Cd	0.1	مغ/ل	
الكروم السداسي	Cr	0.1	مغ/ل	
الكروم الكلي	Cr	2.0	مغ/ل	
النحاس	Cu	1.0	مغ/ل	
الرصاص	Pb	1.0	مغ/ل	
الزئبق	Hg	0.01	مغ/ل	
النيكل	Ni	2.0	مغ/ل	
السيلينيوم	Se	1.0	مغ/ل	
الفضة	Ag	1.0	مغ/ل	
التوتياء	Zn	4.0	مغ/ل	
السيانيد	Cn	0.5	مغ/ل	
الزرنيخ	As	0.1	مغ/ل	
مركبات الفينول		2.0	مغ/ل	
الاحتياج الكيمياحيوي للأكسجين	BOD	800	مغ/ل	
الاحتياج الكيميائي للأكسجين	COD	1600	مغ/ل	
الأملاح الكلية المنحلة	TDS	2000	مغ/ل	
الكلورايد	Cl	600	مغ/ل	
الفلورايد	F	8.0	مغ/ل	
المبيدات		0.005	مغ/ل	
المنظفات	MBAS	5.0	مغ/ل	
المركبات العضوية الهالوجينية	AOX	0.1	مغ/ل	

4. **الاعتيان:** تقوم الجهة الرقابية بأخذ عينة ممثلة من المنشأة كل شهر كحد أعظمي.

5. **المواد والمخلفات غير المسموح بإلقائها إلى شبكة الصرف الصحي العامة:**

- ردم، رماد، زجاج، بحص، رمل، أسمنت، مونة أسمنتية، قمامة صلبة، تفل، طحل، خميرة، ألياف، قطع قماش، مواد صنعية، أخشاب، و غيرها.
- صمغ صنعي، دهان، سوائل مطاطية أو كاوتشوكية ، مستحلبات، سوائل قمامة، و غيرها.
- مخلفات زراعية، حيوانية، نباتية (روث، تبن، قش، بذور نباتية) وغيرها.
- مخلفات مسالخ، (صوف، ريش، شعر، أحشاء، عظام، بقايا جلود) وغيرها.
- بنزين، مازوت، كاز، نفط، تينر، شحم، بيتومين، قطران، زيوت معدنية، زيوت وشحوم حيوانية ونباتية وغيرها.
- حموض وقلويات وماءات الكالسيوم ومواد هيدروكربونية مكلورة وأملاح معدنية كربيد وغيرها.
- مواد مستنفذة للأكسجين المنحل مثل سولفيت الصوديوم وسولفات الحديدي وغيرها.

المياه المعالجة المسموح بصرفها إلى البيئة المائية

م.ق.س 2009/3474

1. المجال: تختص هذه المواصفة القياسية السورية بتحديد الاشتراطات والمتطلبات والقيود المفروضة على تصريف المياه المعالجة الصناعية، الخارجة من المنشآت الصناعية أو محطات المعالجة التابعة لها إلى البيئة المائية.

2. التعاريف: لأغراض هذه المواصفة تستعمل المصطلحات والتعاريف الواردة أدناه:

الفضلات الخطرة: أي مادة بسيطة أو مركبة أو مخلوطة أو نفايات أي منها سواء كانت طبيعية أو مصنعة تنتج عن النشاطات الصناعية أو عمليات الاستعمال ولها صفات خطرة كالمذيبات العضوية والأصبغة والدهانات وغيرها والتي تشكل خطورة على البيئة أو أي من عناصرها.

الفضلات الصلبة: المواد الصلبة وشبة الصلبة الناجمة عن أي نشاطات مثل عمليات التخمير أو الحرق أو التخزين وتسبب ضرر للبيئة مثل الحمأة والأنقاض وغيرها.

المواد الخطرة: المواد التي تتسم بصفات خطرة ولا يمكن التخلص منها في مواقع طرح النفايات العامة أو شبكات الصرف الصحي نتيجة تأثيرها على الصحة العامة والبيئة أو ذات صفات الاشتعال أو الانفجار وتتخذ إجراءات خاصة للتعامل معها والتخلص منها.

حرم المنشأة: المساحة المقامة عليها المنشأة الصناعية وما حولها والتابعة للمنشأة.

وزارة الري: هي الجهة المعنية بالترخيص لإعادة استعمال المياه العادمة الصناعية للأغراض المختلفة وحسب ما ورد في البند (3/3) من هذه المواصفة.

العينة المركبة: هي عينة تؤخذ على مدار فترة التشغيل وتحلل في نهاية فترة التشغيل.

العينة الممثلة: العينة الممثلة في المنشآت الملزمة بمحطة معالجة: تؤخذ عينة مركبة من مخرج المحطة في أي وقت شريطة أن يكون مخرج المحطة هو المخرج النهائي للمنشأة.

العينة الممثلة في المنشآت غير الملزمة بمحطة معالجة: تؤخذ عينة مركبة على مدار فترة التشغيل من آخر نقطة تصريف داخل المنشأة.

المسطحات المائية: هي كل بحيرة طبيعية أو اصطناعية.

قنوات الصرف الزراعي: هي مجاري المياه الناتجة عن الري الزراعي.

3. الاشتراطات العامة: يجب أن تتوفر في المياه العادمة الصناعية المعالجة الاشتراطات العامة التالية:

- تقوم الجهة الرسمية المعنية بتقديم دراسة تقييم الأثر البيئي لاستعمال المياه العادمة الصناعية المعالجة مرفق به المعلومات التالية:

  – الخرائط والوصف الجغرافي للمنطقة والتي تبين الموقع المحدد للمنشأة (الإحداثيات).

- أنواع المنتجات.
- طرائق الإنتاج.
- متطلبات مراقبة الجودة.
- مبادئ ومتطلبات عمليات تخفيض الفضلات المختلفة.
- خطة لإدارة الفضلات بأنواعها.
- خطة تخزين المواد وكيفية تداولها واستعمالها.
- عدد الموظفين ونظام الورديات العاملة.
- كمية المياه المستخدمة شهرياً (خلال عام).
- كمية المياه الخارجة (خلال) وأوقات تدفقها.
- موقع استغلال المياه الصناعية المعالجة ومساحته.
- كشف بالمواد المستعملة في الصناعة تتضمن الداخلة بالإنتاج والتنظيف والتعقيم وغيرها، كذلك المواد المخزنة في المنشأة.
- نوعية المياه الخارجة بالنسبة للخواص المطلوبة حسب نوع الصناعة والقيود الخاصة بها المشار لها في الفقرة (5).
- بيان نوع المعالجة المتاحة لكافة المراحل للالتزام بمتطلبات هذه المواصفة.
- بيان البدائل لتصريف المياه العادمة الصناعية في حالة عدم التمكن من إعادة استعمالها.
- أية معلومات تراها الجهات الرسمية المعنية ضرورية.

- بناء على البيانات المحصلة من البند (2/3) تقوم الجهة الرسمية المعنية بتصنيف الصناعة وتحديد المعايير الواجب الالتزام بها حسب الاشتراطات الواردة في الفقرة (6) وحسب الاستعمال النهائي المخطط له.
- عدم خلط النفايات والفضلات الخطرة مع الفضلات العادية.
- يجب أن تتبنى المنشآت الصناعية تقانات مكافحة التلوث في كافة الصناعات.
- يجب أن تتبنى المنشآت الصناعية منهج التوجه نحو الإنتاج النظيف ضمن مبادئ الإدارة البيئية.
- يجب أن تنقل المياه العادمة الصناعية في صهاريج خاصة من المنشآت الصناعية غير المرتبطة مع شبكة المجرور العامة في حال إلقائها في أقرب تجمع مائي (بعد الحصول على موافقة الجهة المعنية) على ألا تكون تتجاوز مؤشراتها حدود هذه المواصفة.

4. المتطلبات العامة: يجب أن تتوفر في المنشأة الصناعية المتطلبات العامة التالية:

- على جميع المنشآت الصناعية التي يتم ترخيصها توفير شبكة صرف صحي للمياه الصناعية منفصلة عن شبكة الصرف الصحي المنزلية والتي يمكن استثناء ذلك إذا بيّن صاحب المنشأة أن خلط المياه سيحسن من فعالية المعالجة شريطة موافقة الجهة المعنية بالترخيص.
- تقوم المنشآت الصناعية المرخصة سابقاً، والتي تعتمد عملية خلط مياه الصرف الصحي المنزلية مع مياه الصرف الصناعية بالعمل على فصل المياه العادمة عن المياه الصناعية مباشرة بما لا يتعارض مع البند 1/4.
- يجب ألا يعاد استعمال المياه الصناعية المعالجة وغير المعالجة لأغراض الري الزراعي في المناطق القريبة والتي تؤثر سلباً على المصادر المائية إلا بعد تحقيقها للبند 8/4 من م. ق. س. (2752).
- في حال طلب صاحب المنشأة الصناعية استعمال المياه المعالجة لغير الأغراض المذكورة في هذه المواصفة (مثل أعمال التبريد والإطفاء) يتم الرجوع للجهة الرسمية المعنية لتحديد المعايير والمواصفات المطلوب التقيد بها لضمان عدم تأثيرها على عناصر البيئة وتوازناتها الطبيعية والكيميائية والحيوية.
- يجب على صاحب المنشأة الاحتفاظ بالسجلات الخاصة بنوعية المياه الخارجة من المنشأة الصناعية مدة خمس سنوات على الأقل وإبرازها للجهات الرسمية المعنية عند الطلب.

5. القيود:

- لا يسمح بنقل المياه العادمة الصناعية المعالجة أو غير المعالجة بواسطة الصهاريج وطرحها في المكبات المخصصة للمياه العادمة المنزلية أو السيول و الأودية إلا بعد الحصول على موافقة الجهات الرسمية المعنية.
- لا يسمح بإعادة استعمال المياه العادمة الصناعية المعالجة خارج حرم المنشأة الصناعية أو التصرف بها من قبل ثان إلا بعد أخذ الموافقة من الجهة الرسمية المعنية بالترخيص. ويجب أن يلتزم الطرفان بالاشتراطات الواردة في هذه المواصفة وإبراز الاتفاقيات بين المستخدم ومنتج المياه للجهات الرسمية المعنية عند الطلب.
- لا يسمح بخلط المياه العادمة الصناعية المعالجة الخارجة من المنشآت الصناعية بمياه عذبة بقصد تخفيفها ومطابقتها للاشتراطات الواردة في هذه المواصفة.

- لا يسمح بتعرض العاملين في المنشأة الصناعية إلى المياه العادمة الصناعية المعالجة إلا إذا توفرت متطلبات السلامة العامة للحماية مثل توفر القفازات والأقنعة الواقية للجسم والوجه والعيون وغيرها.
- لا يسمح باستعمال المياه العادمة الصناعية المعالجة لري الخضار والفواكه التي تؤكل غير مطبوخة.
- لا يسمح باستعمال المياه العادمة الصناعية المعالجة للري في حرم المصادر المائية ويجب الالتزام بالبند 8/4 من م. ق . س. (2752).
- لا يسمح بطرح المياه الصناعية غير المعالجة (التي لا تحقق م. ق . س. (2752)) في حرم المنشأة من حدائق أو أراضي ترابية أو زراعية أو تجميعها في أحواض غير كتيمة.

6. الاشتراطات القياسية:

- تقسم المياه العادمة الصناعية المستصلحة إلى ثلاثة أقسام حسب الاستعمال النهائي لها:
  - المياه التي يتم طرحها إلى البيئة المائية يجب أن تحقق هذه المواصفة.
  - المياه التي يتم إعادة استعمالها لأغراض الري وقنوات الصرف الزراعية يجب أن تحقق المواصفة م. ق . س. (2752).
  - المياه الخارجة من المنشأة الصناعية يجب أن تحقق م. ق . س.(2580).
- يسمح بطرح المياه العادمة الصناعية المعالجة إلى البيئة المائية شريطة تطابق نوعيتها مع متطلبات هذه المواصفة والخواص والمعايير الواردة في الجدول التالي على أن يتم قياس العناصر الثقيلة السمية بجهاز الامتصاص الذري.

7. الاعتيان: تقوم الجهة الرقابية بأخذ عينة ممثلة من المنشأة كل شهر كحد أقصى.

الحدود القصوى لمؤشرات الصرف الصناعي أو المنزلي المسموح بطرحها إلى البيئة المائية

المؤشرات	الرمز	الوحدة	أنواع المستقبلات (البيئة المائية المستقبلة)			
			البحار	مسطحات مائية	الأنهار	قنوات الصرف الزراعية
اللون	Colour	مغ/ل كوبالت بلاتيني	20	20	20	20
الرقم الهيدروجيني	pH		9 – 6	9 – 6	9 – 6	9 – 6
الحرارة	Temperature	درجة مئوية	10 درجات أعلى من حرارة الوسط المستقبل	5 درجات لأعلى من حرارة الوسط المستقبل		
الأكسجين الحيوي المستهلك	BOD_5	مغ/ل	60	20	40	60
الأكسجين الكيماوي المستهلك	COD (Dichromate)	مغ/ل	120	40	80	120
الزيوت والشحوم	Oil and Grease – معدنية	مغ/ل	1.5	1	1	1
	Oil and Grease – عضوية		13.5	9	9	9
المواد العالقة الكلية	TSS	مغ/ل	60	30	30	120
المواد الذائبة الكلية	TDS	مغ/ل	–	800	1200	1000
الفوسفات	PO_4^{-3}	مغ/ل	10	1	15	10
الأمونيوم	NH_4^+	مغ/ل	10	5	5	0.5
نترات	NO_3^-	مغ/ل	50	30	50	40
الفينولات	Phenols	مغ/ل	0.5	0.01	0.02	0.5
الفلوريد	F^-	مغ/ل	1	0.5	1.5	0.5
الكبرتيد	S^{--}	مغ/ل	1	1	1	1
المنظفات	Detergent MBAS	مغ/ل	2	0.5	0.5	0.5
الهيدروكربونات النفطية	Hydrocarbons	مغ/ل	15	5	5	5
العدد الإجمالي للبكتريا القولونية	Total Count of E. Coli	Colony/ 100ml	5000	2500	100	5000

العناصر الثقيلة						
ألمنيوم	Aluminium (Al)	مغ/ل	3	1	1	3
الزرنيخ	Arsenic (AS)	مغ/ل	0.1	0.1	0.1	0.1
الباريوم	Barium (BA)	مغ/ل	2	–	1	–
بيريليوم	Beryllium (Be)	مغ/ل	0.05	0.05	0.05	0.05
كادميوم	Cadmium (Cd)	مغ/ل	0.05	0.05	0.05	0.05
سيانيد	Cyanides (CN)	مغ/ل	0.15	0.1	0.1	0.05
كروم إجمالي	Chromium (Cr)	مغ/ل	0.5	0.5	0.5	0.5
نيكل	Nickel (Ni)	مغ/ل	0.5	0.3	0.3	0.5
زئبق	Mercury (Hg)	مغ/ل	0.005	0.005	0.005	0.005
حديد	Iron (Fe)	مغ/ل	2	1	2	2
انتيمون	Antimony (An)	مغ/ل	1	0.3	0.3	0.3
نحاس	Copper (Cu)	مغ/ل	1.5	1	1	1
منغنيز	Manganese (Mn)	مغ/ل	1	0.5	0.5	0.5
زنك	Zinc (Zn)	مغ/ل	2	1	1	2
الرصاص	Lead (Pb)	مغ/ل	0.5	0.2	0.2	0.5
الفضة	Silver (Ag)	مغ/ل	0.1	0.05	0.05	---
المجموع الكلي		مغ/ل	2	1	1	2

* هي الأنـهار التي تُستعمل مياهها لأغراض الشرب.

إعادة الاستعمال الآمن للحمأة الناتجة عن محطات المعالجة

م. ق. س 2665 / 2002

1. المجال: تحدد هذه المواصفة القياسية المتطلبات الواجب توفرها في الحمأة المخمرة والناتجة عن رواسب الصرف الصحي لكي يمكن استعمالها كمحسن للتربة.

2 . تعاريف:

1.2. الحمأة: هي الناتج النهائي المترسب عن عمليات معالجة مياه الصرف الصحي.

2.2. المنتج: هو الشخص أو الهيئة أو المؤسسة المنتجة للحمأة.

3.2. الموزع: هو الشخص أو الهيئة أو المؤسسة التي تقوم بنقل وتوزيع الحمأة من المنتج إلى المستخدم.

4.2. المستخدم: الأفراد والجهات التي تستعمل الحمأة في الزراعة أو أي أغراض أخرى.

5.2. التشوين: تجميع الحمأة بأكوام بعد المعالجة وقبل الاستعمال بهدف التخزين.

3. متطلبات إنتاج الحمأة: يقوم المنتج بتقديم خطة إدارة للحمأة على مستوى المنشأة عند التقدم للحصول على الترخيص ويجب أن تشتمل الخطة على الآتي:

- اسم وعنوان وهاتف المنشأة.
- النشاط والشكل القانوني للمنشأة.
- سنة بدء النشاط.
- بيان بخبرة المنتج السابقة في مجال الحمأة.
- بيانات المدير المسؤول عن عملية إنتاج الحمأة.
- لوحة بمقياس رسم مناسب لموقع الإنتاج مبين عليها المكونات المختلفة لعملية إنتاج الحمأة.
- بيان بالمعدات المستعملة في الإنتاج.
- بيان مصدر (مصادر) الحمأة الخام قبل المعالجة.
- معدل إنتاج الحمأة.
- وصف عملية المعالجة وخطة التشغيل.
- بيانات المخبر القائم بالتحاليل.
- نتائج تحاليل الحمأة المنتجة ومدى مطابقتها للمعايير (الفقرة 6).
- خطة مراقبة جودة للحمأة المنتجة.
- خطة للطوارئ في حالة الحيود عن المعايير المحددة في (الفقرة 6) من هذه المواصفة.
- دراسة تقييم الأثر البيئي المعتمدة من وزارة الدولة لشؤون البيئة.
- خطة الأمن الصناعي والصحي وحماية العاملين.

- تحديد أماكن التخلص من الحمأة غير المطابقة للشروط.
- وعند طلب تجديد الترخيص يقدم نسخة محدثة من الخطة.

4. تنظيم تداول الحمأة خارج محطات الصرف الصحي: عدم استعمال الحمأة في الحالات التالية:

- الأراضي التي تضع أي من وزارتي الزراعة والري قيوداً على استعمال الحمأة بها.
- الأراضي التي تكون المياه الجوفية فيها على عمق أقل من (1.5) متر من سطح الأرض.
- الأراضي المزروعة بالخضراوات التي يتم تناولها عادة دون طبخ (مثل مكونات السلطة الخضراء)، أو عند زراعة الأبصال والدرنات أو الفاكهة التي تلامس التربة والتي لا ينزع القشر منها.
- الأراضي المخالفة في تركيبها الكيميائي أو محتواها الميكروبي للحدود الموضحة بالفقرة (الفقرة 6) من هذه المواصفة.

يجب مراعاة الشروط الآتية عند تداول الحمأة:

- لا يسمح بإلقاء الحمأة في المجاري المائية أو المصارف.
- لا يتعدى معدل استعمال الحمأة المعدلات الواردة في (الفقرة 6) من هذه المواصفة.
- لا تستعمل الحماة إلا في المواقع المرخص لها بالإنتاج أو التوزيع أو الاستعمال.
- لا تقل المسافة بين أماكن تكويم وتجميع الحمأة عن:
  - 10 م من حدود الأرض.
  - 150 م من آبار الشرب والمستشفيات والمدارس.
  - 15 م من آبار ليست للاستعمال الآدمي.
  - 15 م من حد الطريق.
  - 30 م من حد المياه (المجاري المائية – الأنهار والقنوات والبحيرات والتجمعات المائية وحدود فيضان الأنهار...).

6. معايير استعمال الحمأة في الزراعة:

1.6. تصنيف الحماة: تصنف الحمأة تبعاً لمحتواها من العناصر المعدنية إلى خمس درجات (الجدول 1) وهي:

- الدرجة A وهي غير مقيدة الاستعمال.
- الدرجة B و C و D وهي مقيدة الاستعمال.
- الدرجة E وهي غير صالحة للاستعمال.

ويوضح الجدول (2) الاستعمالات الممكنة لكل من درجات الحمأة.

يمكن إضافة الحمأة غير مقيدة الاستعمال إلى التربة بكميات غير محددة وتتناسب مع حاجة المحصول ونوعية التربة، أما الحمأة محددة الاستعمال فتضاف إلى التربة بكميات قصوى ولمدة عشر سنوات تحسب كالتالي:

$$CLBAR = SM \times \frac{MASCC/MISCC}{BCAC}$$

حيث:

CLBAR: معدل الحمأة الذي يمكن إضافته والمحدد بالملوث (طن/هـ حمأة جافة).

MASCC: التركيز الأقصى من الملوث المسموح به في التربة (مغ/كغ) (الجدول 3).

MISCC: تركيز الملوث المقاس في التربة (مغ/كغ).

BCAC: تركيز الملوث في الحمأة المستعملة (مغ/كغ).

SM: كتلة التربة بالهكتار التي تخلط بها الحمأة (طن/هـ تربة جافة).

وتحسب كتلة التربة (SM) من:

كتلة التربة = الكثافة الظاهرية للتربة × حجم التربة

وبافتراض أن عمق التربة الزراعية يقدر بـ (0.08) م (أي الـ 8 سم العلوية من التربة) والكثافة الظاهرية (1.25)غ/سم^3، وبالتالي فإن كتلة التربة، التي تخلط بها الحمأة تبلغ 1000طن/هـ.

ويوضح الجدول مثالاً لكميات الحمأة التي يمكن إضافتها إلى التربة.

جدول (1) تصنيف الحمأة تبعاً لتراكيز العناصر المعدنية فيها (مغ/كغ)

العنصر	الدرجة			
	A	B	C	D
الزرنيخ	20	20	20	30
الكادميوم	3	5	20	32
الكروم	100	250	500	600
النحاس	100	375	1500	1500
الرصاص	150	150	300	400
الزئبق	1	4	15	19
النيكل	60	125	270	300
السيلينيوم	5	8	50	90
الزنك	200	700	2500	2800

جدول رقم (2) استعمالات الحمأة تبعاً لدرجة تصنيفها

درجة التصنيف	مجال الاستعمال	صلاحية الاستعمال
A	1) المروج المنزلية والحدائق 2) أماكن النشاطات السكانية العامة 3) المساحات الخضراء (الحدائق والمسطحات الخضراء) 4) الزراعة 5) الحراج (الغابات) 6) الترب والمواقع المستصلحة 7) الطمر الصحي 8) الإلقاء على سطح الأرض داخل حدود محطات المعالجة	غير مقيدة الاستعمال
B	من البند 2 إلى البند 8	I مقيدة الاستعمال I Restricted
C	من البند 4 إلى البند 8	II مقيدة الاستعمال II Restricted
D	من البند 5 إلى البند 8	III مقيدة الاستعمال II Restricted
E	البندين 7 و 8 وفق البند (7) من المواصفة	غير صالحة للاستعمال Not suitable for use

جدول (3) التراكيز الأعظمية (مغ/كغ وزن جاف) للعناصر المعدنية المسموح بها في التربة الزراعية والحراجية

العنصر	الترب الزراعية	الترب الحراجية
الزرنيخ	20	20
الكادميوم	1	5
الكروم	100	250
النحاس	100	375
الرصاص	100	150
الزئبق	1	4
النيكل	60	125
السيلينيوم	5	8
الزنك	200	700

تتوقف كمية الحمأة التي يمكن إضافتها إلى التربة الزراعية أيضاً، على كمية الآزوت التي يمكن للحمأة أن تزود التربة بها وعلى احتياجات المحصول ويوضح الجدول (5) أمثلة على احتياجات بعض الحاصلات، وتحسب كمية الحمأة كالتالي:

كمية الحمأة التي يمكن إضافتها والمحددة بالآزوت طن/هـ = $\frac{\text{احتياجات المحصول (كغ}\boldsymbol{N}\text{/هـ)}}{\text{الآزوت المتاح في الحمأة (كغ}\boldsymbol{N}\text{/طن)}}$

ويحسب الآزوت المتاح كالتالي:

الآزوت المتاح = $NO_3^{+} + NO_2^{+}$ **+ الآزوت العضوي المتمعدن**

كما يحسب الآزوت العضوي المتمعدن كالتالي:

الآزوت العضوي المتمعدن = (الآزوت الكلي– الأمونيوم)× معدل التمعدن في السنة الأولى(25 ٪)

ويعتمد معدل تمعدن الآزوت العضوي في السنة الأولى على المعاملات التي تتعرض لها الحمأة أثناء عمليات معالجة مياه الصرف الصحي. فالحمأة التي هضمت لا هوائياً يكون معدل تمعدن الآزوت فيها 15% والتي هضمت هوائياً 25% والتي لم تهضم 10%. كما تعد كمية الأمونيوم المتاحة معادلة لخمس كمية الأمونيوم الكلي الموجودة في الحمأة بسبب التحولات الكيميائية والحيوية التي تطرأ عليها، وبسبب الفقد الناتج عن هذه التحولات (تطاير، غسل، تثبيت حيوي).

الجدول (4) الكمية القصوى من الحمأة التي يمكن إضافتها إلى التربة تبعاً لتركيز العناصر الثقيلة فيهما

العنصر	تركيز العنصر (مغ/كغ)				*الحمأة الممكن إضافتها إلى التربة (طن/هـ) (CLBAR)
	المسموح به في التربة (MASCC)	المقاس في التربة (MISCC)	الذي يمكن للتربة استيعابه MISCC/ MASCC	في الحمأة (BCAC)	
الزرنيخ	20	1	19	6.2	3065
الكادميوم	1	0.05	0.95	4.6	207
الكروم	100	9	91	203	448
النحاس	100	10	90	1349	67
الرصاص	150	25	125	307	407
الزئبق	1	0.02	0.98	10	98
النيكل	60	35	25	97	258
السيلينيوم	5	3	2	14	143
الزنك	200	40	160	1466	109

مثال: باعتماد عنصر الزرنيخ في الحساب:

كمية الحمأة التي يمكن إضافتها = [(20− 1) ÷ 6.2] × 1000 = 3065 طن/هـ.

محتوى الكائنات الممرضة في الحمأة الجافة لا يزيد عن الحدود الآتية:

أن يكون العد الاحتمالي لخلايا الكوليفورم البرازى أقل من 1000 خلية لكل غرام مادة صلبة على أساس الوزن الجاف، ويكون العد الاحتمالي للسالمونيلا أقل من ثلاث خلايا لكل 100 مل عند تركيز 4% مواد صلبة على أساس الوزن الجاف.

بويضات الديدان:

(الإسكاريس): 1 وحده لكل 100 مل عند تركيز 5% مواد صلبة على أساس الوزن الجاف (لايسمح بوجود أكثر من ثلاثة أجناس من بويضات الديدان).

منتج رواسب الصرف الصحي الذي لا يفي بمتطلبات الفقرة (6) من هذه المواصفة فيما يخص محتوى العناصر الثقيلة والميكروبات المسببة للمرض يجب تصنيفه بعبارة غير مطابقة، ولا يسمح بإضافة الحماة غير المطابقة، بأي حال من الأحوال إلى الأراضي الزراعية بما في ذلك أراضي المراعي والأراضي المستعملة لأغراض الترفيه.

7. أساليب التخلص من الحمأة غير المطابقة.

8. الاعتيان.

9. طرائق الاختبار.

10. التعبئة والتخزين والتداول.

11. بطاقة البيان.

12. قواعد القبول والرفض.

13. حالات سحب الترخيص.

14. المتابعة الدورية.

15. إرشادات (للمستخدم): لضمان سلامتك وللحفاظ على البيئة يجب إتباع الإرشادات التالية:

- لاتستخدم الحمأة في محاصيل الخضر الورقية التي تُستعمل في السلطة مثل الخس، ومحاصيل الفاكهة الملامسة للتربة مثل الفريز. أو المحاصيل الدرنية والجذرية مثل البطاطا والجزر واللفت والفول السوداني.
- عدم استعمال الحماة قبل مرور ثلاث أشهر على إنتاجها.
- نثر الحمأة في التربة قبل 10 أيام على الأقل من الزراعة.
- لايسمح برعي المحاصيل المستخدمة كعلف للماشية إلا بعد مرور شهرين من استعمال الحمأة وآخر رية.
- استعمال الطرق الميكانيكية عند نثر الحمأة بقدر الإمكان ولا تستعمل الطرق اليدوية الشائعة في نثر السماد البلدي.
- لا تخزن الحمأة بالقرب من المصارف وقنوات الري ومصادر المياه.
- تغطية الجروح أو الخدوش في الجلد عند تداول الحمأة واستعمالها وغسل المنطقة المتأثرة فوراً.
- ارتداء الملابس الواقية أثناء استعمال الحمأة مثل الأقنعة والقفازات والأحذية.
- غسل الأيدي بعد استعمال الحمأة وقبل الأكل والشرب أو التدخين.
- عدم الأكل والشرب أو التدخين أثناء إضافة الحمأة.
- تقليل الغبار المتصاعد من الحمأة عن طريق خفض عدد مرات نقلها وتجنب تداولها في الأجواء العاصفة.
- عدم تناول الثمار المتساقطة على الأرض.